

## 병원 건물에서 배관 단열 두께에 따른 시뮬레이션

### Simulation of Pipe Insulation Thickness in Hospital Buildings

정용기(Yong Gi Jung), 김성은(Seong Eun Kim), 박진철(Jin Chul Park)<sup>†</sup>

중앙대학교 석사과정, 중앙대학교 박사과정, 중앙대학교 건축학부 교수

*M.S Course, Graduate School, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea*

*Ph.D. Course, Graduate School, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea*

*Professor, School of Architecture and Building Science, Chung-Ang University, Seoul, 06974, Korea*

**Abstract** This study compares and analyzes whether the thickness of the pipe insulation of KCS standard and ASHRAE standards satisfies the current standards. A lot of energy is being consumed in buildings, and energy loss in pipe is a big part. The energy loss in such buildings can be reduced through pipe insulation. As a result of simulation analysis, in the case of low temperature water, the surface temperature of the heat insulating material did not satisfy the current standard in the insulation thickness of the KCS standard. On the other hand, the current standard was satisfied in the ASHRAE standard. Therefore, in order to satisfy the reference temperature, it is necessary to change the standard of the insulation thickness to satisfy the thermal conductivity.

**Key words** Simulation(시뮬레이션), Pipe insulation(배관 단열), Surface temperature(표면온도), Insulation Thickness(단열 두께)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: [jincpark@cau.ac.kr](mailto:jincpark@cau.ac.kr)

## 1. 연구배경 및 목적

국내 건축물의 에너지 절약 관련 기준에 따라 2020년부터 연면적 1,000 m<sup>2</sup> 이상 건축물을 대상으로 제로에너지 건축 의무화가 본격 시행되었고, 2030년부터는 500 m<sup>2</sup> 이상 모든 건축물에 대해 확대 적용될 예정이다.<sup>(1)</sup> 국내 최종 에너지 소비량 중 건물에너지 부문은 2016년 기준 약 20%를 차지하고 있고, 이 중 의료시설은 건물에너지소비량 중 약 2% 차지한다. 그러나 단위면적당 에너지 소비량이 주거 및 기타 시설에 비해 상대적으로 높아 에너지 소비량이 많은 시설로 분류된다.<sup>(2)</sup>

의료시설의 경우 용도별 에너지 사용률은 난방(31.5%), 냉방(25.1%), 사무기기 및 기타 장비(17.0%), 펌프 및 냉각탑 등의 일반동력(10.6%), 조명(9.3%), 급탕(6.5%)으로, 24시간 냉난방 운전이 되는 공간이 많은 특성상 냉난방 에너지 사용량은 전체의 56.6%를 차지한다.<sup>(3)</sup> 이러한 냉방, 난방, 급탕 에너지가 배관 및 덕트를 통해 전달되기 때문에 최종 에너지 소비량 외에 열수송으로 인한 손실량을 저감하는 것도 중요하다.

건물 배관 및 덕트의 표면을 통한 열 손실은 배관의 단열을 통하여 줄일 수 있다.<sup>(4)</sup> 그러나 국내의 경우 건물 내 배관의 열손실을 단열을 통해 줄일 수 있음에도, 건축기계설비 공사 표준시방서의 배관 단열에 관한 규정은 2002년 개정된 이후 2011년에 고무발포 단열재의 추가 외에 변경이 없는 상황이다.<sup>(5)</sup> 앞으로 제로에너지 건축 의무화를 대비하기 위해서는 배관 단열 기준에 대한 검토와 연구를 통해 배관 단열 기준을 향상할 필요가 있다.

따라서, 본 연구는 병원 건물에서의 동절기 온도 실측 데이터를 기반으로 국내·외 기준을 적용한 시뮬레이션 분석을 통해 건물 배관 단열재의 성능을 분석하였다.

## 2. 연구 방법

본 연구는 에너지 손실을 줄이기 위한 배관 단열 두께 기준을 확인하기 위해 국내 배관 단열 기준과 해외의 배관 단열기준을 비교 분석하였다. 이를 위해 먼저 서울시에 위치한 ○○대학교 병원 지하층의 동절기(2019.12. ~ 2020.02.) 온도를 실측하여 온도 데이터를 수집하였으며, 외기의 영향이 큰 지하 1층 공간을 대상으로 동절기 온도를 측정하였다. 지하 1층의 온도분포는 Fig. 1와 같으며, 최저 온도는  $-2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 평균온도  $7.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 로 측정되었다. 해외 기준과 국내 기준의 비교를 통해 배관 두께에 대한 문제점을 확인하기 위해 동절기 최저 온도 적용 시 외기 노출배관의 시뮬레이션 분석을 수행하였으며, 시뮬레이션 도구는 Star CCM+(2019 Build 14.04.011)를 이용하였다.

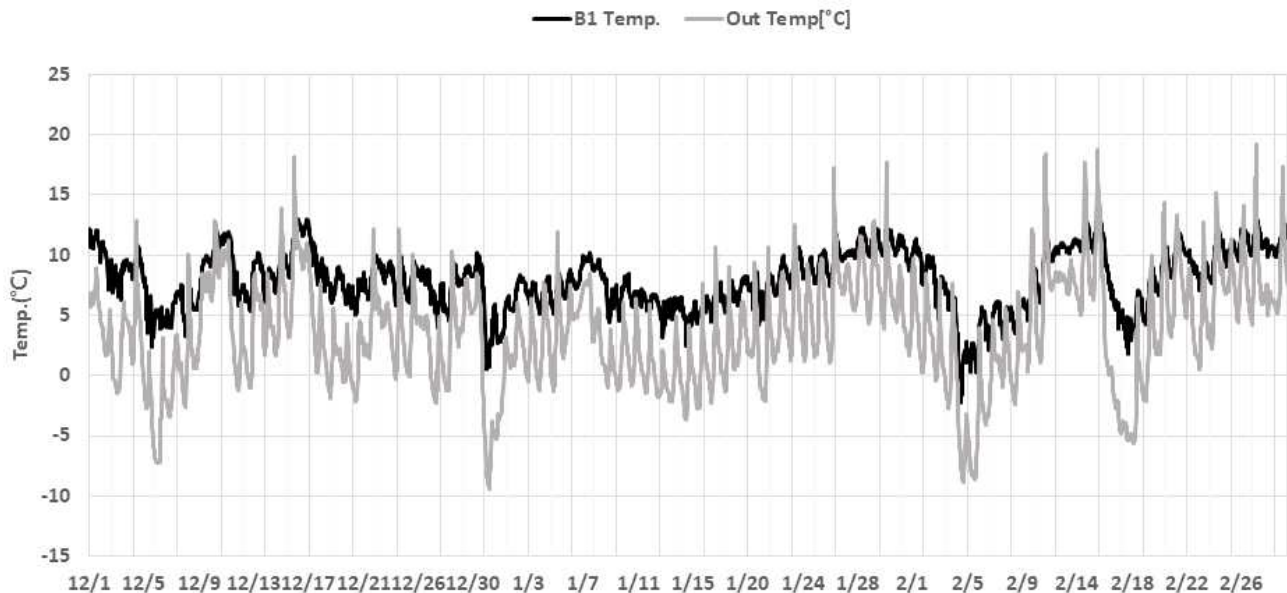


Fig. 1 First Basement Floor and Outside Temperature

## 3. 시뮬레이션 개요 및 분석 결과

### 3.1 시뮬레이션 개요

시뮬레이션 분석에 적용된 기준은 ‘건축기계설비 공사 표준시방서(KCS 31 20 05 : 2018 보온 공사)’와 ‘ASHRAE 90.1 : 2013’의 단열 두께 기준을 적용하여 시뮬레이션 분석하였다. 시뮬레이션의 입력 조건은 Table 1, Table 2와 같다. 관내 수온은 건축기계설비공사 표준시방서에서 명시되어 있는 환경 100A에 대한 기준 저온수( $61\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ )의 평균온도인  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ 를 적용하였다. 배관의 재질은 스테인리스 스틸이며 길이는 10 m, 두께는 3 mm로 적용하였다. 국내의 KCS 기준의 경우 열전도율 기준이 아닌 4종의 단열재를 적용하게 되어 있어 그 중 열전도율  $0.036\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 의 미네랄 울을 적용하였다. 배관은 외기 노출을 가정하였고 외기 조건은 지하층 최저 온도인  $-2.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 를 적용하여 시뮬레이션 분석을 실시하였다. 국내·외 단열 두께 기준을 적용하였을 때 국내 기준 단열재 주위 온도  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 표면온도  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  이하를 만족하는지 시뮬레이션을 통해 분석하였다.

Table 1 Simulation input data

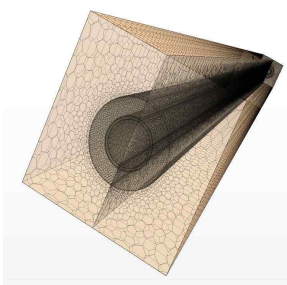
Category	Input		Modeling image
Pipe	Length	10m	
	Size(external, internal)	100A (113.4mm, 94mm)	
Applied standard	Material	Stainless steel	
	Domestic	KCS 31 20 05 : 2018	
Heat insulating material	Abroad	ASHRAE 90.1 : 2013	
	Thickness	40T, 50T	
Water	Material	Mineral wool	
	Temp.	75 °C	
Outside air	velocity	2 m/s (KDS 31 25 25 : 2016)	
	Temp.	-2.2 °C	

Table 2 Simulation Case

Standard	Water temp.	Thermal conductance	Thickness
KCS	75 °C	mineral wool (0.036 W/m·K)	40 mm
ASHRAE	75 °C	0.036 W/m·K	50 mm

### 3.2 분석 및 결과

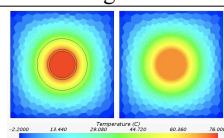
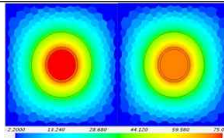
시뮬레이션 해석을 통한 배관 유입구와 유출구의 온수 온도 변화와 단열재의 표면온도는 Table 3와 같다. 단열재의 표면온도가 낮을수록 단열성능이 우수하고 그에 따른 에너지 손실이 적음을 의미한다.

KCS 기준에서 온수 유입구에서 75 °C로 유입되어 유출구에서 69.9 °C의 온도로 나타나 10m 배관을 흐르는 동안 5.1 °C의 온도 차이를 보였다. 단열재의 표면온도는 유입구에서 45.7 °C, 유출구에서 44.6 °C로 현행 기준인 단열재 표면온도 40 °C 이하를 만족하지 못하였다.

ASHRAE 기준에서 온수 유입구에서 75 °C로 유입되어 유출구에서 69.9 °C의 온도로 나타나 5.1 °C의 온도 차이를 보였으며, 표면온도가 유입구에서 38.7 °C, 유출구에서 37.7 °C로 현행 기준인 단열재 표면온도 40 °C 이하를 만족하였다.

시뮬레이션 결과 국내 기준에서 단열재 표면온도가 40 °C 이상으로 나타나 현행 기준인 표면온도 40 °C 이하를 만족하지 못하였다. 해외 ASHRAE 기준에서 단열재 표면온도가 40 °C 이하로 나타나 현행 기준인 표면온도 40 °C 이하를 만족하였다. 따라서 국내 기준을 만족시키기 위해서 국내 단열 두께의 기준을 상향시키거나 열전도율이 낮은 재료의 사용과 같은 변화가 필요할 것으로 사료된다.

Table 3 Simulation Results

Standard	Thickness	Water temp.	legend	location	Input Temp.	Output temp.
KCS	40mm	Low temp. (75 °C)		Water	75 °C	69.9 °C
				Surface of insulation	45.7 °C	44.6 °C
ASHRAE	50mm	Low temp. (75 °C)		Water	75 °C	69.9 °C
				Surface of insulation	38.7 °C	37.7 °C

## 4. 결 론

본 연구는 겨울철 병원 건물 지하층에서의 실측 온도를 이용하여 건물의 배관 단열재의 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하였고, 현행 기준에 대한 적합성을 판단하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 국내·외 기준에 따라 배관의 단열 두께를 적용하여 저온수(61 °C ~ 90 °C)인 경우의 시뮬레이션을 분석하였다. 시뮬레이션 분석을 위해 건물의 외기 온도를 측정하였고 최저 온도인 -2.2 °C를 적용하여 시뮬레이션 분석을 실행하였다.
- (2) KCS 기준의 경우 단열재의 표면온도는 45.7 °C와 44.6 °C로 나타나 KCS 기준은 현행 국내 기준인 표면온도 40 °C를 만족하지 못하였다.
- (3) ASHRAE 기준의 경우 국내 기준과는 다르게 단열재의 표면온도가 38.7 °C, 37.7 °C로 나타나 현행 기준인 표면온도 40 °C를 만족하였다.
- (4) 국내 KCS 기준에 따른 배관 단열재의 두께는 국내의 현행 기준인 주위 온도 20 °C, 표면온도 40 °C이하를 만족하지 못하였고, ASHRAE 기준에서는 현행 기준인 주위 온도 20 °C, 표면온도 40 °C를 만족하였다. 따라서, 기준 온도를 만족하기 위해서는 국내 단열 두께의 기준 변경이 필요하다고 사료된다.

본 연구에서는 지하 공간의 실측 온도를 이용하여 온수 배관만을 시뮬레이션 분석한 것으로 추후 연구에는 피트 공간 같은 경우와 더불어 다양한 조건에 대한 실측값을 이용하여 분석을 실시할 예정이다.

## 후기

본 연구는 국토교통기술촉진연구사업의 일환으로 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원을 받아 수행되었음(과제번호 20CTAPC15308302)

## References

1. 국토교통부, 2020, 제2차 녹색건축물 기본계획(2020~2024)
2. 환경부, 2018, 기후변화대응 기본계획 수립을 위한 건물에너지 수요관리 정책수단 연구, pp.40-53
3. 한국에너지공단, 2018, 건물유형별(의료시설) 에너지절약 운영가이드, pp.90
4. TIMSA, 2006, TIMSA guidance for achieving compliance with Part L of the Building Regulations.
5. 최승혁, 김유승, 윤희원, 류형규. (2017). 건물 냉난방수배관의 단열성능 향상을 위한 기준 연구. 한국지열에너지학회논문집, 13(4), pp.21-30.