

집단에너지 공급 축열조의 디퓨저 형태별 성층화 연구

장철용*, 조 수**, 최석용***

*한국에너지기술연구원 건물열성능연구센터(cyjang@kier.re.kr), **한국에너지기술연구원
건물열성능연구센터(scho@kier.re.kr), ***한국에너지기술연구원 건물열성능연구센터(syb092@hanmail.net)

Study on Stratification according to Diffuser Shape of the Thermal Storage Tank in Integrated Energy

Jang, Cheol-Yong*, Cho, Soo**, Seok-Yong Choi***

*Building Energy Research Center, KIER(cyjang@kier.re.kr), **Building Energy Research Center,
KIER(scho@kier.re.kr), ***Building Energy Research Center, KIER(syb092@hanmail.net)

Abstract

The stratification effect was investigated with four different types of diffuser shape in a thermal storage tank. For this study, experimental facility was constructed, which was composed of experimental thermal storage tank, hot and cold water storage tanks, boiler, chiller, data acquisition system, etc.. Visualization and lab scale experimental result showed that radial curved type diffuser was the highest degree of stratification among the four diffuser shapes.

Keywords : Thermal storage Tank(축열조), Diffuser Shape(디퓨저형태), Thermal Stratification(온도성층), 집단에너지(Integrated Energy)

기 호 설 명

T_s	: 초기저장수 온도(°C)
T_t	: 초기 열성층이 형성되는 순간의 축열조 상부온도(°C)
ΔH	: Thermocline 영역에서의 상한점과 하한점의 높이차 (mm)
ΔT_{ref}	: 유입수와 초기저장수의 온도차(°C)
ΔH_{ref}	: 유입구와 유출구 사이의 높이차(mm)
ϕ	: 성층도(Degree of Stratification)

1. 서 론

집단에너지 공급 시설에 중요한 부분을 차지하는 축열조는 열온수를 일시 저장하는 시설으로써 열배관 전체에 알맞은 압력을 유지시켜 주고, 경제적이고 안정적인 열공급을 할 수 있도록 하는 설비이다.

현재 축열조는 작동유체로서 물을 사용하는데 빙점이 0°C이고 비등점이 100°C인 특성 때문에 고온에서 높은 증기압이 발생되고, 부식성 물질이며, 성층을 형성시키는데 어려움이 있다. 그러나, 거론할 수 있는 장점으로 무제한 싸이클을 이루며 축열작용과 방열작용이 완전히 가역적으로 일어난다. 그리고 작동유체가 저장물질과 작동물질로 동시에 사용할 수 있으며 열저장과 열추출이 동시에 일어날 수 있다는 장점도 가지고 있다. 또한, 풍부하고 저렴하면서도 취급이 용이하고 무독성, 비연소성이어서 안전하며, 고밀도로서 높은 비열을 갖고 있고, 열전도성이 좋고, 점성이 낮아서 이송이 쉽다는 다각적인 장점 때문에 축열조의 작동유체로서 물을 사용하였다.

본 연구는 사각형 축열조가 효과적으로 열온수를 저장하고 방출하는 저장조로서의 역할을 수행하도록 디퓨저의 형상의 변화를 통

하여 축열조의 성층화를 가시적으로 표현코자 하였다.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 실험장치

디퓨저 형태에 따른 축열조 성능실험을 수행하기 위하여 그림 1에서와 같이 성층축열조 가시화장치를 설계 제작하였다. 본 시스템은 냉온수 공급을 위해 냉온수공급기, 보일러, 냉동기, 성능실험용 축열조 등의 실험설비로 구성되어 있다.

가시화 실험용 성층축열조는 가로 600mm, 세로 900mm, 높이 1000mm 직사각기둥이며 투명아크릴로 설계 제작하였다. 축열조 중간부에 온수의 입출구를 별도로 분리하여 노즐을 설치하였고, 이 노즐의 각 끝단부에는 여러 가지 형태의 디퓨저를 교체, 부착하고 슬롯높이를 조절함으로써 디퓨저에서의 분사속도를 변경하여 실험할 수 있도록 제작하였다. 그리고 축열조내 온도분포를 측정하기 위해서 Thermocouple(t-type) 3개를 설치하였다.

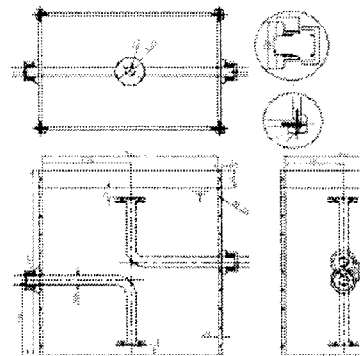


그림 1. 성층축열조 가시화장치

성층 축열조내에 설치된 디퓨저의 형태별 유동특성 가시화를 위해 물의 비중과 비슷한 염료(물 200ml당 1g 희석)가 축열조로 공급될 수 있도록 하였으며, 실험 조건별로 열성층 특성을 분석하기 위해 시간대별로 촬영할 수 있도록 비디오카메라를 설치하였다.

2.2 실험 방법

성층축열조의 축열과정은 축열조내 초기저장수 온도보다 고온의 온수를 축열조 상부 디퓨저를 통하여 유입시키고 하부에서 저온의 냉수를 동일한 양으로 배출시키는 방법으로 실험을 수행하였으며, 방열과정은 냉수를 축열조 하부 디퓨저를 통하여 유입시키고 상부에서 고온의 온수를 동일한 양으로 배출시키는 방법으로 실험을 수행하였다.

일반적으로 축열조 온도성층화 특성에 영향을 미치는 실험변수는 동적 인자 및 기하학적 인자 등 여러 가지가 존재한다. 특히 공급온수온도와 초기저장수 온도와의 밀도차가 성층특성에 큰 영향을 끼치므로 본 실험에서는 현재 지역난방공사 등에서 난방 및 온수공급을 위해 사용하고 있는 성층축열조 온도의 밀도차(98℃/65℃: 20.8 kg/m³)를 기준하였으며, 이때의 밀도차보다 작은 온도분포(70℃/20℃ 밀도차: 20.4 kg/m³)로 실험을 수행하였다. 이 실험온도 70℃/20℃에서 밀도차에 의한 성층이 잘 발달되면 98℃/65℃에서도 잘 발달될 것으로 판단하였다.

축열조의 온도성층 특성은 디퓨저 형태에 따라 달라지므로 디퓨저 형태를 Radial형과 H-beam형으로 설계 제작하였고, Radial형은 직경 150mm의 Radial 평면형, Radial 평면조절형, Radial 곡면조절형으로 그림 2와 같이 설계 제작하였다.

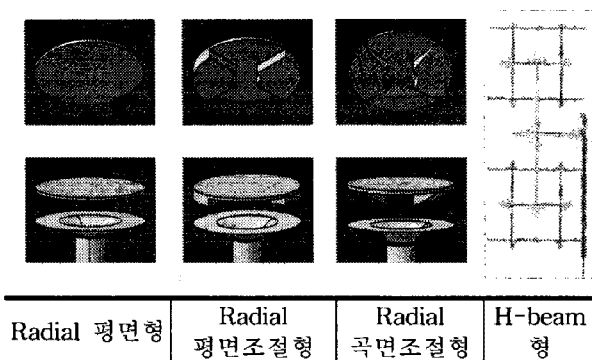


그림 2. 축열조 디퓨저 형태

이 Radial 디퓨저의 성능을 평가하기 위한

성층도는 식(1)과 같으며,

$$\phi = \frac{\left(\frac{T_t - T_s}{\Delta H}\right)}{\left(\frac{\Delta T}{\Delta H}\right)_{ref}} \quad (1)$$

온수공급 및 배출 유량은 11 l/min, 상부 온수공급온도는 70℃, 축열조 초기 저장수 온도는 20℃로 하여 온도성층 가시화 축열조 디퓨저 형태별 온도특성 실험을 수행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

본가시화 사진촬영을 위해 붉은색 염료를 주사하여 가시화 축열조의 디퓨저 형태별 촬영 성층도를 그림 3에 나타내었다.

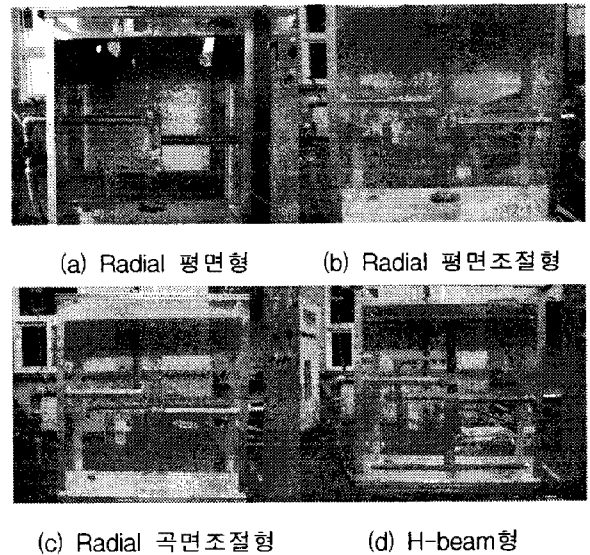


그림 3. 가시화 축열조의 디퓨저 형태별 성층도

그림에서와 같이 축열조 성층도가 Radial 평면형, Radial 평면조절형, H-beam형 보다 Radial 곡면조절형 디퓨저가 가장 성층도가 좋게 나타났으며 분리경계층이 확실하게 안정된 모습을 보이고 있다.

온도 성층화 기술은 열저장에 있어 유효에너지의 극대화를 이루기 위하여 반드시 필요한 기술이다. 온도가 서로 다른 유체를 처음으로 접촉시킬 때 적절한 온도차(즉, 밀도차)

와 유속을 유지시키면 유체흐름의 혼합과 와류가 최소화되어 중력흐름(Gravity Current)이 형성되므로 축열조에 온도성층이 잘 이루어질 수 있다. 그러므로 이 유체흐름의 혼합과 와류를 최소화시키기 위해서는 Radial 디퓨저가 가장 이상적인 것으로 알려져 있으며 Radial 곡면조절형 디퓨저가 고온수와 저온수의 혼합이 가장 적게 이루어졌으며 공급되는 고온수의 유동 또한 중력흐름을 형성하여 높은 성층도를 유지한다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

사각형 축열조의 유속, 슬롯 간격에 따른 디퓨저의 형상 및 크기 등의 변화를 통하여 축열조의 온도성층화에 미치는 영향을 분석하기 위한 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 가시화 사진촬영을 위해 붉은색 염료를 주입하여 가시화 축열조의 디퓨저 형태별로 촬영하여 성층도를 본 결과, Radial 곡면조절형 디퓨저가 가장 성층도가 좋은 것으로 나타났다.

Radial형 디퓨저중 Radial 곡면조절형 디퓨저가 축열조의 성층화에 가장 유리하게 나타나고 있다. 축열조 형태가 달라지거나, 크기가 달라질 경우, 디퓨저의 형상이 바뀌어야 하고 슬롯의 간격이 바뀌어야 되기 때문에 최적의 디퓨저를 선택하기 위해서는 추후 보다 광범위한 연구가 필요할 것이다.

후 기

본 연구는 국토해양부가 주관하고 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2007년도 첨단도시개발사업(과제번호:06건설핵심A01) 지원 사업으로 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다

참 고 문 헌

1. Lin, Jian-Yuan, Shey, Ruey-Jong and Fang, Linag-Jyi, 1987, "A Study of Thermal Stratification in Storage Tank with Charging", Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers.
2. Wildin, M. W., 1990, " Diffuser Design for Naturally Stratified Thermal Storage", ASHRAE transactions.
3. Wildin, M. W. and Truman, C. R, 1989, "Performance of Stratified Vertical Cylindrical Thermal Storage Tank, part I : Scale Model Tank", ASHRAE transactions.
4. Wildin, M. W., 1989, "Performance of Stratified Vertical Cylindrical Thermal Storage Tank, part II : Prototype Tank "ASHRAE transactions.
5. 박이동 외 3인, 1994, "온수 장기저장 시스템 개발(I)", 상공자원부 연구보고서, pp.12~37.
6. 이상남 외 6인, 2001, "축열조 디퓨저 형상이 성층화에 미치는 영향", 대한설비공학회 2001 동계학술발표회 논문집, pp.617~621
7. 신미수 외 3인 2001, "성층축열조 최적설계를 위한 연구", 대한환경공학회 2001 추계학술연구발표회 논문집, pp.211~212
8. 장영근 외 1인 2002, "온수 추출과정동안 축열조 내의 열성층 특성 및 온수 이용률에 관한 연구" 대한설비공학논문집 pp.503~511