

# 직교·대향류 충전재를 이용한 하이브리드 냉각탑에 대한 실험적 연구

전철호·이호생·이호출·문춘근<sup>+</sup>·김재돌<sup>++</sup>·김은필·윤정인<sup>+++</sup>

## The Experimental Study of the Hybrid Cooling Tower using Cross and Counter Type Fills

C. H. Jun, H. S. Lee, H. C. Lee, C. G. Moon<sup>+</sup>, J. D. Kim<sup>++</sup>, E. J. I. Yoon<sup>+++</sup>

**Abstract** : An experimental study on the Hybrid Cooling Tower has been done having a rated capacity of 3RT. Counter flow type fill, cross flow type fill and hybrid-type fill which is combined with two type fills as previously stated having a height of 0.3m have been used in the 0.8m X 0.4m X 1.9m dimensional tower respectively. The heat exchanger is consisting of 2 or 3 rows. The relevant temperatures and the velocities were selected based on the typical Korean weather for the year round operation of the tower. The cooling capacity of the tower is explained with respect to varying air inlet velocities, wet-bulb temperatures, and air to cooling water volume flow rate ratio (L/G ratio). The capacity of the hybrid-type fill was much superior to other fills, but hybrid-type fill shows higher pressure drop.

**Key words** : Counter flow type(대향류형), Cross flow type(직교류형), Fill(충진재), L/G ratio(수공기비), Pressure drop(압력강하)

### 1. 서론

최근 난방을 비롯한 산업화 과정에서 냉각탑의 수요는 급속히 증대하고 있는 반면, 상대적으로 설치공간의 부족, 환경에 대한 관심 증대 등으로 인하여 냉각탑의 고성능화가 절실히 요구되고 있다<sup>[1],[2],[3]</sup>. 하이브리드 냉각탑은 냉동-공조장치 및 산업용 열교환 장치에 사용되는 냉각수를 냉각하기 위한 냉각탑으로 냉동-공조장치의 수냉식 응축기나 산업용 열교환 장치에 사용된 냉각수를 순환 재사용하기 위하여 수직과 공기를 접촉시켜 일부의 물을 증발시키고, 나머지 물을 다시 사용할 수 있는 온도까지 냉각하는 냉각탑에 있어 기존의 냉각탑들과는 다른 구조와 방법으로 냉각수를 냉각하는 새로운 냉각탑이다<sup>[4]</sup>. 본 실험에서는 기존 대향류형과 직교류형 냉각탑 구조를 복합한 하이브리드형 구조로 크게 상·하부구조와 내·외부구조 및 이와 유사한 구조를 가진다. 하나의 냉각탑 내를 크게 두 부분으로 구분하여 상부 또는 내부는 대향류형으로, 하부 또는 외부는 직교류형으로 하여 기존의 대향류형과 직교류형 냉각탑의 장점을 취하여 그 구조를 하이브리드화 함으로서 냉각탑의 성능 향상에 가장 큰 영향을 미치는 필러의 전열면적 확대에 따른 성능향상, 소요동력 및 소음감소와 콤팩트화 등의 여러 가지 장점을 도모하는 것을 특징으로 한다. 본 연구에서는 대향류형 냉각탑의 구조상 발생될 수 밖에 없는 수직음에 관해 충전재를 하부구조까지 연장하여 수직음을 최소화할 수 있고, 직교류형 냉각탑에서 발생하는 Access(walk way) Space를 대향류형 방식을 도입함으로써 Dead Zone을 활용하여 부피를 최소화 할 수 있는 하이브리드형 냉각탑 개발에 기초 Data를 제공하고자 한다.

### 2. 실험장치

하이브리드 냉각탑 열성능에 대한 주요 변수에 따른 냉각성능 및 압력의 변화를 분석할 수 있는 실험장치를 제작하였다. 실험장치는 충전재 전열실험부, 향온조, 분사노즐, 보일러, 공기 온·습도 조절부로 구성되어 있다. 냉각탑 본체는 아크릴을 이용하여 제작하였으며, 충전재의 단면적은 800 X 400mm 이며, 높이 300mm 의 2단 및 3단으로 충전재를 설치하였다. 충전재에 물을 끌고루 분사하기 위해 노즐을 설치하였다. 한편, 냉각탑으로 유입되는 공기는 최대풍량 75 m<sup>3</sup>/min, 소비전력 1.75kW인 시로코 팬을 설치하였고, 5kW 용량의 슬라이드스를 이용하여 팬의 속도를

를 제어, 냉각탑으로 유입되는 공기의 유량을 조절하였다. 엘리미네이터를 설치하여 압력손실을 최소화하면서 토출기류의 기류 방향을 전환시켜 토출 공기와 혼합되어 있는 수분을 효과적으로 제거하였다. 습구온도를 조절하기 위해 냉각탑 출구에 Return Duct와 댐퍼를 설치하여 냉각탑에서 빠져나오는 고온의 포화 공기와 외기를 적절히 혼합하였다. 또한, 건구 온도를 조절하기 위해서 팬 입구에 전기히터를 설치하여 일정조건의 공기가 유입 되도록 하였다. 충전재로 분사되는 물의 온도를 일정하게 유지시키기 위해 같은 난방 온수 23.8kW 급 온수보일러와 향온조 입구에 3kW의 히터를 각각 설치하여 일정 온도의 물을 공급하였다. 물의 공급은 최대 양수량 50 l/min인 가압펌프를 이용하여 노즐에 공급하고 순환펌프를 이용하여 실험부로부터 향온조로 되돌려 보낸다. 물의 유량은 Dwyer사의 10~75 l/min 용량, 오차범위 ±2%인 유량계를 사용하여 측정하였다. 물과 공기의 온도는 정밀 수는 온도계로 보정하여 ±0.2℃의 오차 범위를 가지는 T형 열전대(thermocouple)를 사용하였다. 열전대는 냉각탑 공기 유로 입·출구에 각각 3지점에서 측정하였으며, 냉각수 관 입구에 2지점 출구에 3지점을 각각 측정하였다.

공기의 습도는 오차범위 ±1%를 가지는 습도센서를 이용하였으며 냉각탑 입·출구에 각각 3지점씩 설치하였다. 공기의 유속은 오차범위 ±0.1m/s인 클라이모 마스터로 측정하였다. 온도와 습도는 Yokogawa사의 데이터로그 MX 100과 컴퓨터를 이용하여 2초마다 1번씩 측정하고 기록하였다. 충전재에서의 압력강하는 Dwyer사의 오차범위 ±3%를 가지는 경사 마노미터(Manometer)를 이용하여 관에 삽입하여 냉각탑 상하부의 압력차를 측정하였다. 또한 냉각탑의 소음 원인 중 하나인 낙수 소음을 충전재 형상별로 측정하기 위해 오차범위 ±0.5 dB를 가지는 소음측정기를 사용하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 전열성능

Fig. 1은 수·공기비에 따른 냉각능력을 나타낸 것으로 냉각능력은 냉각탑의 입구와 출구 온도차에 냉각수 유량과 냉각수의 비열을 곱한 값이다. 수공비가 증가할수록 즉 풍속이 약해질수록 냉각능력은 선형적으로 감소하였다. 충전재별로는 직교류형과 대향류형이 비슷한 값을 나타내었으며, 하이브리드형이 월등히

+ 전철호, 이호생, 이호출, 문춘근 (부경대학교 대학원 냉동공조공학과), E-mail: purger77@mail1.pknu.ac.kr Tel: 051)620-1506

++ 김재돌, 동명대학 냉동공조과

+++ 김은필, 윤정인, 부경대학교 기계공학부

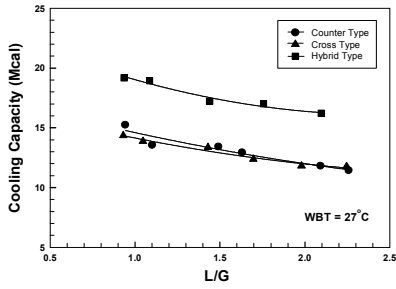


Fig. 1 Cooling capacity to water-air ratio

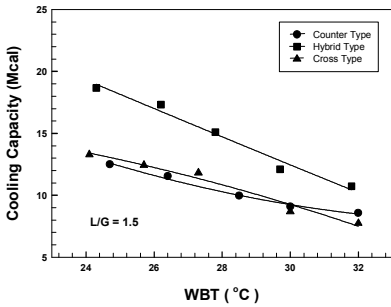


Fig. 2 Cooling capacity to inlet wet-bulb temperature

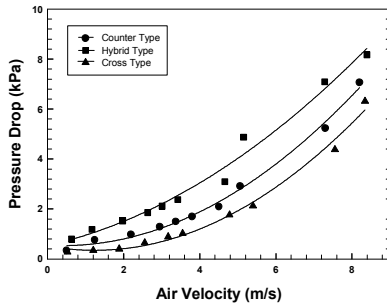


Fig. 3 Pressure drop to air velocity

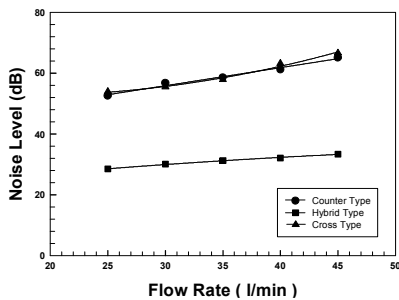


Fig. 4 Noise level to flow rate

뛰어난 값을 나타내었다.

Fig. 2는 냉각탑 입구의 습구온도 변화에 따른 냉각능력을 각각 나타낸 것이다. 세 개의 충전재 모두 습구온도가 올라갈수록 출구 냉각수 온도는 올라가고 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 입구의 습구온도가 올라감으로서 입구 냉각수와 공기의 온도차가 줄어들어 관외 냉각수의 증발이 줄어들고 관내 냉각수 온도 저하가 감소하기 때문이라 생각된다.

### 3.2 압력강하

압력손실은 평균공기속도의 변화에 따른 충전재 전후의 압력강하량을 나타낸 것이다. 이 때 평균공기속도는 충전재를 통과하는 공기의 평균속도를 뜻한다. Fig. 3은 풍속에 따른 충전재의 압력손실량을 나타낸다. 압력강하특성은 주로 공기부하에 영향을 많이 받으므로 그림과 같이 풍속이 증가함에 따라 압력강하가 증가하는 것으로 보아 압력강하의 지배요인은 공기부하임을 알 수 있다. 나타난 바와 같이 압력강하에 대해서는 하이브리드형 충전재가 가장 큰 압력강하를 보이고 있으며, 직교류형이 가장 우수한 성능을 보인다.

### 3.3 낙수소음

충전재를 통과한 냉각수는 자연낙하 하여 수조에 이르게 된다. 이 때 자연 낙하하는 냉각수가 수조에 있는 물과 충돌하면서 발생하는 소음을 낙수 소음이라 한다. 본 연구에서는 직교류형 충전재를 하부수조까지 연장하여 소음을 줄이고자 했으며 이를 위하여 소음측정기를 사용하여 Fan을 정지한 상태에서 각 충전재별로 소음을 측정 하였다. 측정 결과 Fig. 4와 같이 대향류형과 직교류형은 평균적으로 거의 같은 값을 나타내었으며 직교류형이 약간 더 높은 경향을 나타내었다. 유량이 증가할수록 선형적으로 증가했다. 반면 하이브리드형은 현저히 낮은 값을 나타내었다. 유량 변화에도 소음의 변동은 크지 않았다. 이는 물이 충전재를 타고 내려오면서 수조에 바로 접하기 때문에 소음이 일어날 요인이 없기 때문이며 유량이 늘어나도 크게 영향을 받지 않기 때문이라 생각된다.

## 4. 결 론

대향류형 충전재, 직교류형 충전재 및 이 둘을 조합하여 만든 하이브리드형 충전재와 같이 3가지 Type의 충전재에 대해 3RT급 성능 실험장치를 이용하여 전열실험을 수행하였다. 이 결과 향후 실제 상품화 개발을 위한 실증실험 Data를 확보하였다. 또한 수적음을 최소화하기 위한 실험을 수행 하였으며, 특히 대향류형 냉각탑 구조상 발생하는 수적음을 하단의 충전재가 하부수조까지 연장되어 낙수소음을 크게 줄였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 최종적으로는 하이브리드 냉각탑의 최적 냉각탑 선정에 대한 상품화 기초기술을 확보하였다.

### 감사의 글

이 연구는 2004년 BTP 산학연구개발 사업의 지원으로 얻어진 결과이며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] ES Engineering system, esmagazine.com
- [2] A. K. M. Mohiuddin and K. Kant, "Knowledge base for the systematic design of wet cooling towers. Part I: Selection and tower characteristics", Int. J. of Ref., 19(1) pp. 43-51, 1996.
- [3] A. K. M. Mohiuddin and K. Kant, Knowledge base for the systematic design of wet cooling towers. Part II: Fill and other design parameters Int. J. of Ref., 19(1) pp. 52-60, 1996
- [4] 박인규, 신기부, 냉각탑의 경량 및 소형화가 가능한 고효율·고내구성·저가 충전재 기술개발에 관한 연구, 산업자원부, 2001