대온도차용 디퓨저의 특징

대온도차공조 방식에 사용하는 취출구는 저온도 및 소풍량에서도 고확산성을유지하여 콜드드래프트가 없는 기류 분포를 유지하여야하며, 최소 풍량 시에도 고확산성을 가진 취출구의 사용이 요구된다.

박성규
유원엔지니어링㈜ / 대 표
skpark@youone.co.kr
정지호
유원엔지니어링(주) / 부 장
gio0522@naver.com

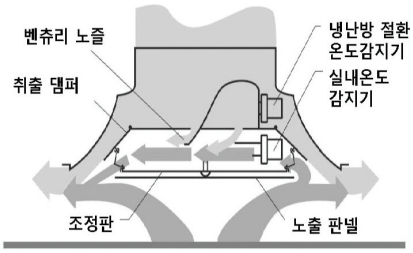
머리말

최근 들어 미국 및 유럽, 일본에서는 공조설비에서 대온도차 공조 방식이 에너지절약을 위해 많이 일반화되고 적용되고 있다. 쾌적한 열적 환경은 적합한 대온도차 송풍 취출구를 선정함으로써 얻을 수 있다. 대온도차 공조에서 선정되는 주요 요소는 취출구와 혼합 박스이다. 먼저 대온도차의 빠른 취출 기류와 2차 측 혼합 기류에 사용되는 각 종류별 취출구에 대해 기술하고자 한다.

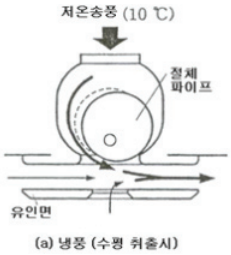
국내에서 대온도차 공조방식의 도입 초기에는 디퓨저와 덕트에서의 결로 발생 우려와 급기량 감소에 의한 냄새문제 등으로 인하여 보급이 늦어지고 있지만 많은 장점을 갖고 있는 대온도차 공조 방식의 도입과 확산은 국가 에너지 절약 측면에서 시급히 적용되어야 한다.

고확산성 취출구

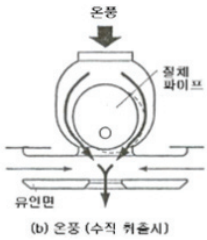
대온도차 공조 방식에 사용하는 취출구는 저온도 및 소풍량에서도 고확산성을 유지하여 콜드드래프트가 없는 기류 분포를 유지하여야 한다. 특히 변풍량 방식의 선정 시 최소 풍량시에도 고확산성을 가진 취출구이여야 한다. 이러한 문제로 종래의 일반 고정형 취출구는 확산성이 낮고 확산 반경(도달거리: Throw)이 작아 설치 간격을 상당히 좁혀야 한다. 시스템 천장의 경우에는 일반적으로 각형 취출구를 사용하



[그림 1] A사 각형 취출구



[그림 2] M사 라인형취출구(냉방시)



[그림 3] M사 라인형 취출구(난방시)

며 이는 환형 취출구에 비해 기류가 편향되는 경향이 있으므로 저온도 소풍량에서도 고확산성을 유지하는 고확산성 취출구를 사용할 필요가 있다 (**그림 1 ~ 3** 참조).

취출구 형식

취출구의 1차적 기능은 실내 공조 공간의 공기와 충분히 혼합되도록 취출 기류의 운동량을 확보하는 것이며 이 공기 유동 운동량은 취출구 선정에 달려 있다. 대온도차 공조에 사용되는 취출구의 형식은 다양하다. 일부는 대온도차 송풍에 가능한 재래식 취출구이며 다른 것은 대온도차 송풍에 적합하게 특수 설계된 취출구이다.

대온도차 송풍용 취출구의 큰 특징은 재래식 취출구보다 넓은 범위의 온도 및 풍량에서 효과적으로 동작한다. 이러한 넓은 범위의 온도 및 풍량과 함께 실내 공기와의 혼합, 빠른 기류의 분리 및 소음 등이 함께 고려되어야 한다.

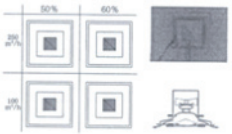
가장 보편적으로 사용되는 취출구는 슬롯형과 원형 취출구이다. 제트 기류형 취출구는 대온도차 송풍에 있어 제작사에 의해 가장 많이 추천되는 취출구로서 이는 실내 공기에 상대적으로 높은 운동량을 부여하기 때문이다.

① 슬롯형 취출구
② 방사형 취출구
③ 제트 기류형 취출구
④ 기타 취출구 형식(회전형 및 다공형)

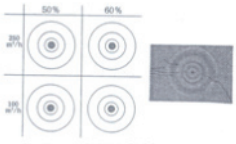
〈표 1〉 취출구의 결로 실험 결과(M사)

취출구 종류	풍량 [CMH]	취출구 온도차 10℃			취출구 온도차 16℃		
		실내습도 [%(RH)]			실내습도 [%(RH)]		
		40	50	60	40	50	60
고확산형	250	O	O	O	O	X	XX
	100	O	O	O	O	△	X
원형	250	O	O	O	O	X	XX
	100	O	O	O	O	X	X
각형	250	O	O	O	O	X	XX
	100	O	O	O	O	X	XX

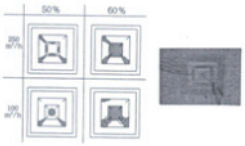
(범례)
O : 결로 발생 없음
△ : 취출구 표면이 흐려짐
X : 취출구 표면에 결로 발생
XX : 발생 결로수 떨어짐 (고확산형은 유인면 내부로 흘러 들어가나 떨어지지 않음)



[그림 4] 고확산형의 결로 상황



[그림 5] 원형 취출구의 결로 상황



[그림 6] 각형 취출구의 결로 상황

〈표 2〉 라인형 결로 실험 결과(M사)

취출구 종류	풍량 [CMH]	결로발생 장소	취출구 온도차 10℃ 실내습도 [%(RH)]			취출구 온도차 16℃ 실내습도 [%(RH)]		
			40	50	60	40	50	60
대온도차용	150	취출구 표면	-	O	O	△	X	XX
		유인면	-	O	O	O	O	△
	60	취출구	-	O	O	O	△	X
		유인면	-	O	O	O	O	△
일반용	150	취출구 표면	-	O	△	X	X	XX
	60	취출구 표면	-	O	△	O	X	XX

(범례)
O : 결로 발생 없음
△ : 취출구 표면이 흐려짐
X : 취출구 표면에 결로 발생
XX : 발생한 결로수가 떨어짐 (유인면에 장해가 생길 정도로 떨어지지 않음)

고확산성 취출구에서의 결로 방지

취출구에 인접한 곳에서는 외기의 침입에 의해 취출구에서 결로가 발생할 가능성이 있다. 그리하여 건축 계획 시 외기의 침입을 방지하는 방법을 연구하여야 할 필요가 있으며 그럼에도 결로 발생 가능성이 높은 경우에는 잠열부하가 큰 공간에는 Fan Powered Unit의 사용을 검토할 필요가 있다. 취출구의 결로에 관해서는 제작회사로부터 실내 온습도에 대응하는 한계 취출 온도에 대한 자료를 받아야 한다.

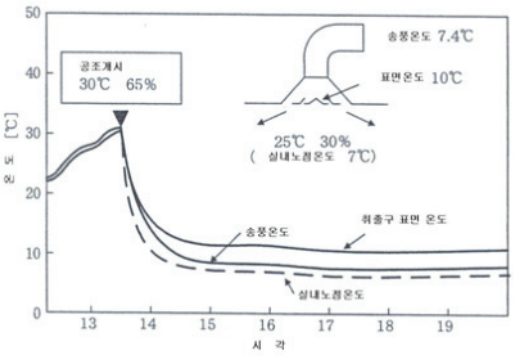
또한, 실험에 의한 취출구의 결로 조건 및 결로 현상을 확인해야 한다. **표 1**에 표기한 대로 대온도차 공조 방식에 적합한 고확산형 취출구에서조차 실내온습도 26℃, 50%에서 표면 결로가 발생한다. 또한, 송풍온도 10℃, 95%(RH)로 하면 실내의 SHF=0.75 정도 되므로 통상의 사무실에서 SHF가 0.9 정도를 고려할 때 결로에 대한 염려는 하지 않아도 된다.

그러나 출입구 홀 등과 같이 외기의 침입이 많은 공간에서는 주의를 요한다. 또한, **그림 4 ~ 6**에 각종 취출구의 실험 결과(M사)를 표시한다.

라인형 취출구를 일반 고정형 취출구와 비교하면 결로 발생이 어려운 대온도차 공조기기도 개발하고 있지만 표면이 습한 정도의 결로가 발생한다. **표 2**에 라인형 취출구의 결로 실험 결과를 나타낸다.

공조 개시시의 결로

공조 시작 시 실내가 다습한 경우 대온도차 송풍에 의한 결로 발생이 예상되며 **그림 7**에 표시한



[그림 7] 취출구 표면 온도 및 실내 노점온도의 시각 변화의 예(M사)

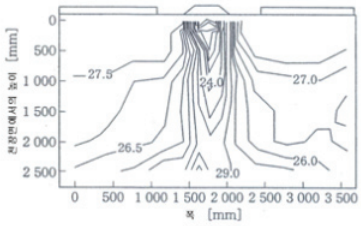
것과 같이 공조기의 제습 성능이 높아서 절대습도가 취출구의 표면 노점 습도를 상회하는 일은 없다.

또한 예냉시에는 실내 설정 온도를 높게 하여 서서히 설정 실내온도를 낮추는 방식으로 시작하여 신뢰성을 높이는 것이 좋다.

부분 부하시 콜드드래프트 현상

콜드드래프트 현상은 취출구에서 냉풍이 확산되지 않고 밀도차에 의해 수직 낙하하는 현상을 말한다. **그림 8**에 콜드드래프트가 발생할 시의 실내 수직 방향의 온도 분포를 표시한다. 취출구 수직 하부에서 불쾌감을 느끼며 불평의 대상이 됨과 동시에 실내 전체의 온도 분포가 악화된다. 이러한 상태를 표시하는 지표로서 ASHRAE에서 제정하는 EDT(유효 드래프트 온도 : Effective Draft Temperature) 및 ADPI(공기 확산계수 : Air Diffusion Performance Index)가 있다. 콜드드래프트 발생 시의 EDT를 사용하여 표시한다.

EDT는 기류에 의해 감지되는 온도 및 실내 평균 온도차 및 풍속에 의해 보정된 식으로서 계산한다.



[그림 8] 발생시의 실내 단면 온도분포

$$EDT[℃] = (t_x - t_m) - 0.039(200\,Vx - 30) \quad (1.8)$$

t_x : 온도[℃]

t_m : 실내평균온도 [℃]

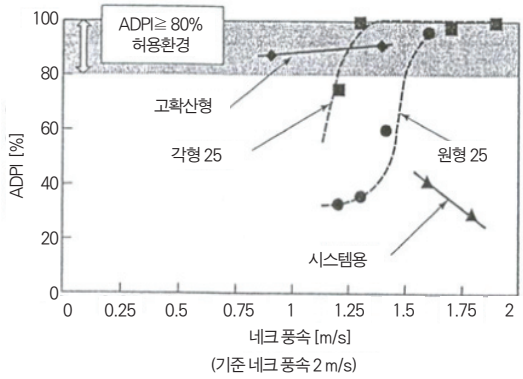
V_x : 풍속[m/s]

일반적으로, -1.5℃≤EDT≤1.0℃가 쾌적 범위에 속한다.

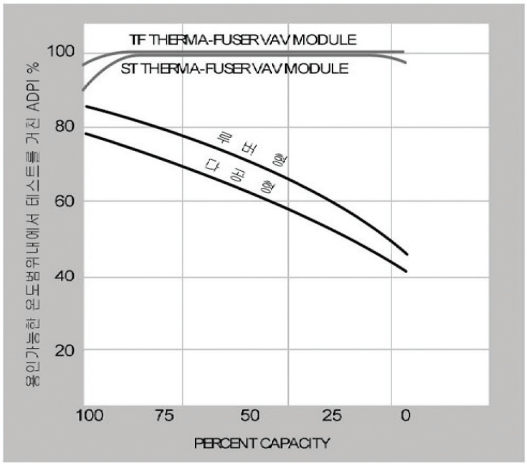
콜드드래프트 현상은 부분부하 운전에 있어 VAV 장치 등에서 풍량을 혼합 취출할 때 취출구에서 충분한 실내 공기를 확산시키지 못할 때 발생한다. 따라서 콜드드래프트 현상을 발생시키지 않으려면 부분 부하 운전 시에도 확산 성능이 큰 취출구를 선정할 필요가 있다.

대온도차 공조 시스템의 취출구에 재래식의 환형, 각형, 시스템 천장 각형을 적용한 경우 콜드드래프트 현상을 풍량 및 ADPI 관계로 정리한 것을 **그림 9**에 표시한다. 이에 의하면 환형 취출구에서는 정격 풍량의 약 40%, 각형 취출구에서는 약 35% 이하에서 ADPI 수치가 급격히 저하하고 콜드드래프트 현상이 일어나는 것을 표시하고 있다. 또한, 시스템 천장용의 각형 취출구에서는 50% 이상에서도 콜드드래프트 현상이 일어날 가능성이 높으므로, 주의할 필요가 있다.

이러한 자료에 의해 판명하면 기존의 종래형 단일 덕트 공조 시스템(16℃ 송풍, 26℃ 환기)을 대온도차 공조 시스템으로 개보수(Renewal)하는 경우에는 열원계통, 공조기의 개보수와 동시

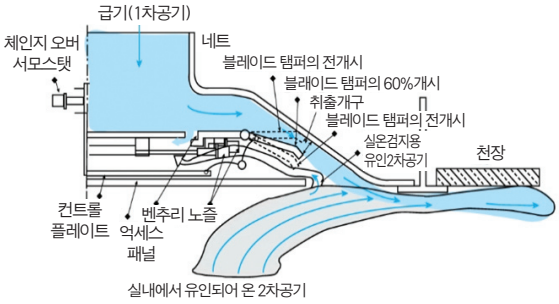


a) M사 고확산 디퓨저 취출구

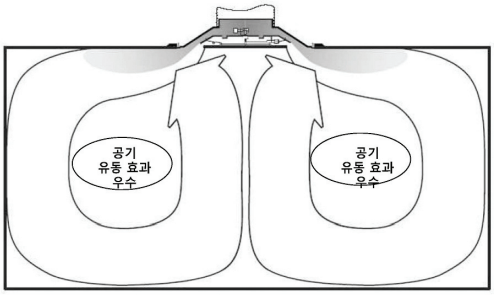


b) A사 고확산 디퓨저 취출구

[그림 9] 풍속 및 ADPI



a) 고확산형 디퓨저 단면도



b) 기류분포

[그림 10] A사 고확산형 취출구

에 취출구의 적응성을 검토할 필요가 있다.

취출구의 제원 선정

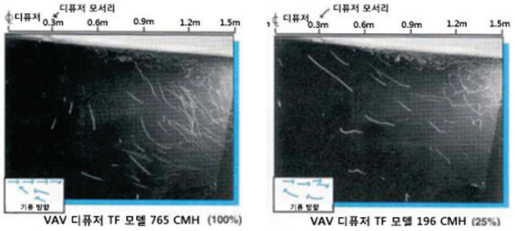
대온도차 공조 방식에서는 취출구의 정확한 제원 선정이 중요하다. 대온도차 공조 방식의 취출구로서 중요한 제원은 이하의 항목과 같으며 특히 ①~③번 항목이 중요하다.

① 수평 방향 확산성
② 콜드드래프트 한계 풍량
③ 결로 대책
④ 소음 대책
⑤ 생애 주기비용 : LCC(설치비, 유지관리비 및 에너지 비용)

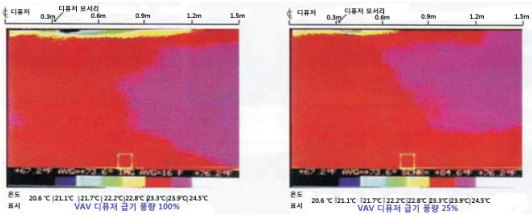
수평 방향 확산 성능

대온도차 공조 시스템에서는 10~13℃ 송풍을 하기 위해 실내 공기(통상 26℃)와의 효율적으로 혼합되고 콜드드래프트 현상이 발생하지 않도록 취출구를 선정한다. 취출구의 제작사마다 특성이 있으며 **그림 10**에서는 A사의 고확산형 취출구에서의 공기의 흐름을 표시한다.

고확산형 취출구(A사)를 사용한 실험에서 얻



a) 기류의 변화



b) 온도의 변화

[그림 11] 기류 및 온도 분포

은 수평 방향의 확산 성능을 표시한 자료를 구하여 **그림 11**에 표시한다. 본 취출구에서는 **그림 11**에 표시한 대로 풍량이 설계치의 25%로 떨어져도 확산 성능을 유지하여 콜드드래프트 현상이 일어나지 않는다.

소음 대책

수평 방향 확산성을 높이는 경우에 일반적으로 취출 속도는 빨라지고 기류의 절단음이 증가하게 된다. 취출구는 상당수가 실내 천장에 설치되므로 단일 제품의 소음치에서 검토하는 것은 부족하며 합성한 소음치로서 판단하여야 한다. 단일 제품에 있어서는 NC 곡선상에서의 NC-30에서 40 dB 이하가 바람직하다.

각종 취출구의 특성

대온도차 공조 방식을 선정할 경우 환형, 각형 취출구, 시스템 천장용 취출구의 특성을 이해하는 것이 신설 계획, 기설치된 건물의 개보수 계획에 있어서 둘 다 중요하다.

표 3에 각종 취출구 및 대온도차 공조 시스템의 적용성을 표시한다. "부분 부하시의 콜드드래프트 현상"에서 기술한 대로 각각의 취출구는 정격 네크 풍속에 대해 교축 풍량(변풍량 한계)의 차가 있다.

특히 주의할 점은 기존의 시스템 천장용 각형 취출구는 교축 풍량의 범위는 좁다. 고확산형 취출구는 풍량 20%까지 콜드드래프트 현상을 발생시키지 않고 교축 가능하다.

또한, 라인형 취출구도 대온도차 공조 시스템에 적합한 취출구가 개발돼 있다.

〈표 3〉 각종 취출구의 저온 송풍 공조 시스템의 적응성

취출구 종류		변풍량 한계	특징
일반 아네모스탯형	환형	35~40%	이상적인 전방향 토출. 보통 확산 속도가 각형보다 늦으므로 변풍량 한계는 각형보다 높은 특성이 있다.
	각형	30~35%	환형과 비교하면 취출구 방향이 한쪽으로 치우치기 쉽다. 확산 속도는 빠르므로 변풍량 한계는 환형보다 적다.
	고확산형	15~20%	저온 송풍 방식에 가장 적합함.
천장형 시스템	각형	60~70%	변풍량에 적합하지 않음.
	고확산형	15~20%	저온 송풍 방식에 적합한 형태임.
라인형	일반형	60~70%	수직 방향으로 취출하는 기능만 있음.
	저온송풍용	15~20%	냉방 및 난방 어떤 계절이던 간에 대응 가능한 기능이 있음.
기타	FPU	없음	4~9℃의 저온 급기 및 실내 공기를 강제적으로 혼합하면서 실내에 취출함.

[주] 변풍량 한계 : VAV 방식에서 교축할 경우 콜드드래프트 현상을 일으키지 않는 최저 풍량의 정격 풍량에 대한 비율

〈표 4〉 고확산성 취출구 고려사항

취출구 종류	공조방식		비고
	변풍량 (VAV)	정풍량 (CAV)	
고확산성	◎	◎	시스템 천장에 사용 가능
환형취출구	○	◎	정풍량시 문제 없음 변풍량시 소풍량시의 확산 반경에 주의를 요함
고확산라인디퓨져	◎	◎	냉방시 취출 방향은 천장면을 따라 취출할 필요가 있음
각형취출구	X	△	결로 문제가 있음. 변풍량 방식에서 소풍량시의 확산 반경에 주의를 요함
라인형	X	X	상동(사용시 고확산형의 사용이 바람직함)

고확산성 취출구 고려사항

표 4 참조

맺음말

대온도차 공조방식에 사용되는 취출구는 저온도 및 소풍량에서도 고확산성을 유지하여 콜드드래프트가 없는 기류분포를 유지하며 특히 변풍량 방식의 선정 시 최소 풍량시에도 고확산성을 가진 취출구가 필요하다. 고확산성 특성을 가지기 위해서는 ADPI(공기확산 성능지수), 높은 유인비, 균일한 기류분포가 요구되어 고도의 유체기술이 필요하지만 이에 관련된 많은 제품이 출시되어 쾌적한 실내환경과 건물에너지절약의 핵심요소로 자리 잡기를 기대해 본다.

참고문헌

1. ACUTHERM사 기술자료
2. Marumitu사 기술자료