

## 페이퍼밀트 반도체 물류센터의 설계

### 한상훈

물류(物流)란 말 그대로 '물품의 흐름'이다. 공장에서 생산된 제품이 더 나아가 원부자재의 조달에서부터 완제품으로 고객에게 도착할 때까지 이뤄지는 전 과정의 체계를 물류 유통이라 한다. 포장·운송·보관 활동 역시 물류 유통이란 커다란 한 체계를 구성하는 요소들이다. 이런 물류요소 중에서 본 건물은 반도체 완제품의 저장 및 배송의 물리적 분배 (physical distribution)를 자동화로 수행하는 입체자동창고 (3-D, auto storage/retrieval system)로서 저장시설, 하역시설, 관리시설, 업무시설 등 기능별로 분리된 계획이 필요하였으며, 특히 반도체저장 기준에 따른 항온항습 (恒溫恒濕) 환경유지가 초점화 되었다.

본 건물의 기계설비 설계시 기본적으로 자동화 물류 장비에 대한 이해가 필요하였으며, 대공간의 높은 층고에 대응할 수 있는 공조설계에 주안점을 두었다.

#### 일반사항

##### 건물개요

- 건물명 : 페어차일드 반도체 물류센터
- 위치 : 경기도 화성시 팔탄면 구장리 108번지
- 연면적 : 3,980.69 m<sup>2</sup> / 저장부 층고 : 17m
- 규모 : 자동창고동, 사무동, 경비동, 폐기물창고 / 지하1층, 지상2층
- 구조 : 철골 + R.C
- 주용도 : 창고시설 및 부대시설

##### 설계 및 시공

- 종합 설계, 감리, 시공 업체 : (주)휴먼텍코리아
- 설계 착수일 : 2001.03.

한상훈 휴먼텍코리아 (shhan@humantec.co.kr)

- 공사 착공일 : 2001.04.18
- 준공일 : 2002.03.13

#### 기계설비설계 기본 방향

##### 대공간에 적합한 공조방안 선정

- 공간전체 온도의 균일화를 이룰 수 있는 방식 채택
- 부하변동에 적절히 대응할 수 있는 방식 채택

##### 초기투자비 및 운영관리비의 경제성

- 고효율의 장비의 선정
- 각시설별 용도에 맞는 공조구획 및 공조방식 채택
- 중간기 외기 냉방 시스템 적용

##### 건물의 안전성 확보

- 해외 재보험사 기준에 부합하는 방재능력 확보

##### 유지관리에 편리한 시스템

- 중앙제어 방식채택
- 보수점검 및 용도에 적합한 장비배치
- 부분부하를 대비한 장비 대수제어 도입

#### 설계기준

냉난방 공조설계를 위한 온습도 기준은 표 1, 2와 같다.

<표 1> 외기온습도 조건

계절	건구온도	습구온도	상대습도	절대습도	엔탈피	비고
	℃ DB	℃ WB	% RH	kg/kg	KJ/kg	
여름	30.3	25.9	70.8	0.01940	79.9	건설교통부고시 (설계 외기온도 TAC 2.5% 기준)
겨울	-12.8	-13.4	74.0	0.00093	-10.6	

<표 2> 실내온습도 조건

구분	여름		겨울		비고
	℃DB	%RH	℃DB	%RH	
자동창고	23±5	50±10	23±5	50±10	항온항습기준
하역장	28	-	15	-	국부공조기준
사무실	26	55	20	40	
제어실	24	50	24	50	항온항습기준
식당	26	-	20	-	
회의실	26	55	20	40	
교육실	26	55	20	40	
회복실	26	55	20	40	
경비실	26	-	20	-	
화장실/주방/기계실	-	-	18	-	난방기준

**기계설비 개요**

**열원 및 유틸리티 설비**

- 냉열원설비 : 스크류식 냉동기 703,200 W x 2대 (1대 예비)
- 온열원설비 : 노통연관식 보일러 2,000 kg/h + 1,000 kg/h (최대압력 10kg/cm<sup>2</sup>기준)
- 가압공기설비 : 스크류식 콤프레셔 3m<sup>3</sup>/min x 2대 + 흡착식 건조기

**공조 및 환기설비**

- 자동창고 : 정풍량 단독 공조기 + 절환형 취출구
- 하역장 : 노즐형 국부공조 + 유닛히터
- 업무시설 : 정풍량 단독 공조기
- 식당 : 정풍량 급기덕트 + 패키지 에어컨
- 제어실 : 항온항습기
- 환기설비 : 기계실, 전기실, 발전기실, 주방 : 강제 급 배기, 화장실 : 강제배기

**위생설비**

- 급수설비 : 가압 펌프 방식
- 급탕설비 : 증기열교환식 저탕식 급탕탱크
- 오 배수설비 : 오수정화조 설치

**자동제어설비**

- PLC (programmable logic controller / 프로그램 및 연산기능 내장형 제어기) 방식

**소화설비**

- 소화설비 : 소화기, 옥내소화전, 옥외소화전, 스프링클러설비, 가스소화설비
- 경보설비 : 비상경보설비, 자동화재탐지설비

**대공간 항온항습 공조계획 및 실측**

**공조계획**

• 설계방향

자동화 창고라는 본 건물의 특성상 스택커 크레인 (stacker crane), S.T.V 등 오토랙(auto rack) 장비와의 간섭에 주의하였고, 높은 층고(17m)로 인한 상하부간의 온도차를 극복하고 기류의 상승현상을 해결하여 실내조건을 유지할 수 있는 배려가 필요하였다. 공조구획은 실별 사용시간, 사용목적, 실내유지조건에 따른 개념으로 창고구역, 하역장구역, 사무구역으로 분리하였다.

• 자동창고구역 공조계획의 검토 및 적용

- 계획상 주안점

다음은 대공간의 온 습도 균일화를 위해서 기본적으로 고려해야 할 내용이다.

- ① 실내온도와 취출온도의 차를 적게 하고 충분한 환기횟수(풍량) 확보하여 부하의 변동에 신속히 대처한다.
- ② 유도비가 큰 취출구를 사용하여 기류 정체에 대응한다.
- ③ 도달거리를 확보할 수 있는 취출구를 선정한다.
- ④ 상승기류에 대항할 수 있는 상부토출 / 하부흡입 푸쉬풀(push-pull) 방식을 고려한다.
- ⑤ 공조방식은 정풍량 방식으로 하며 습도조절을 위하여 재열방식을 채택한다.
- ⑥ 외기 도입량 결정에 주의하며, 개구부에 의한 열 출입 방식을 고려한다.

- 공조설비 적용

상기와 같은 전체 조건에 의거하여 표 3 같이 비교 검토 후 적용하였다.

그림 1은 적용된 공조방식에 대한 입체 도면이다.

**실측 사례**

- 온습도 측정
- 측정 데이터

그림 2와 같은 위치에서 온도 및 습도를 측정한 결과는 표 4~5와 같다.

- 측정도표

① 건구온도 분포도

그림 3 ~ 6은 건구온도 분포에 대한 그래프이다. 그림 3에 나타나듯이 평면상으로는 고른 온도분포

를 보이고 있고, 상·하간은 평균 2℃ 정도의 온도 차이가 있었다. 그림 4 ~ 6까지는 단면별로 나타낸 상·하 온도 분포이다.

② 상대습도 분포도

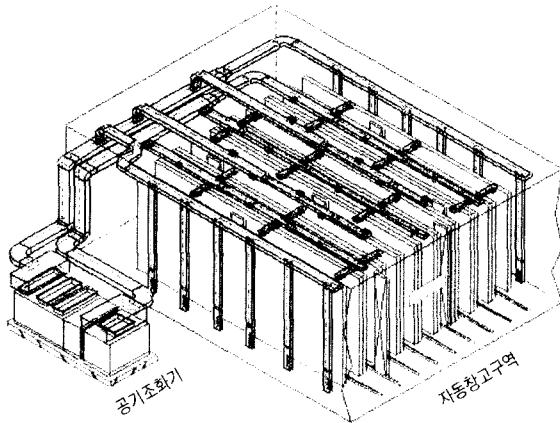
그림 7~10은 상대습도 분포에 대한 그래프이다. 그림 7에서 보듯이 실의 중앙부가 상대적으로 높은 것을 알 수 있고 그림 8~10의 단면별 상대습도 분포도에서도 같은 현상을 볼 수 있다.

- 기류분포 측정

기류는 10m 위치에서 포그머신 (fog machine)으로 안개를 분사시켜 측정하였고, 기류흐름에 대한 개략도를 그림 11에 나타내었다.

**실측결과 및 수정사항**

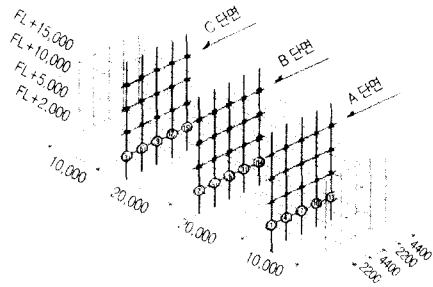
전체적으로 고른 온·습도 분포를 보였으나 실 중앙부분에서는 랙(rack)과의 간섭으로



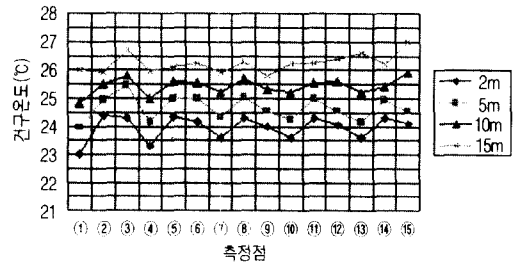
[그림 1] 자동창고 구역 공조덕트 입체도

<표 3> 대공간 향온향습 설비방식의 비교

계획요점	적용방식 I안	적용방식 II안	선정 및 사유
취출온도차 축소 / 풍량 확보	단일덕트 방식으로 정정 온도차의 풍량 확보 단 투자비 및 점 반송동력비 증대	향온향습기 + 실내순환팬 단 랙(rack)과의 간섭 및 점 온도분포의 불균형 우려	균일한 온습도 유지를 위해 I안으로 선정하되 초기 투자비 및 운전비용을 고려하여 적정한 취출 온도로 적용함.
취출기구의 도달 거리 및 유도비 확보	절환형 취출구 사용 (냉방시: 확산/난방시: 노출) 단 점 초기 투자비 증대	노출형 취출구 사용 단 냉방시 성능효과 유실로 점 인한 에너지 손실	에너지 절약 및 System의 안정성을 고려하여 I안으로 선정
Push-Pull방식 적용	상부투출 / Wall 흡입 방식	상부투출 / 바닥 흡입방식	유지관리 및 시공성 측면에서 I안으로 선정
재열 방식 채택	정풍량 재열방식 단 점 공조기 및 열원기기 용량증대	재순환공기이용방식 (Return By-Pass System) 단 점 정밀한 풍량 제어가 필요함.	System의 정밀성을 고려 하여 I안으로 선정
외기도입 및 개구부에 대한 고려	최소외기량 도입으로 열원용량 감소를 도모함. 개구부 Size 최소화 및 Air Curtain 설치로 외기 유입방지.		



[그림 2] 측정위치도



[그림 3] 건구온도 평면분포도

<표 4> 건구온도 측정값

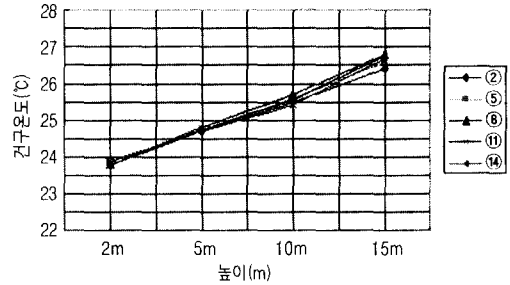
측정점	2m	5m	10m	15m	수직평균
(1)	23.0	23.9	24.8	26.0	24.4
(2)	24.4	24.9	25.5	25.9	25.2
(3)	24.3	25.5	25.8	26.7	25.6
(4)	23.3	24.2	25.0	25.9	24.6
(5)	24.3	25.0	25.6	26.1	25.3
(6)	24.1	25.0	25.5	25.2	25.0
(7)	23.6	24.3	25.2	25.9	24.8
(8)	24.3	25.0	25.7	26.3	25.3
(9)	24.0	24.5	25.3	25.8	24.9
(10)	23.6	24.2	25.2	26.2	24.8
(11)	24.3	25.0	25.5	26.2	25.3
(12)	24.0	24.5	25.6	26.4	25.1
(13)	23.6	24.1	25.2	26.6	24.9
(14)	24.3	24.9	25.4	26.2	25.2
(15)	24.1	24.5	25.9	27.0	25.4
수평평균	23.9	24.6	25.4	26.2	25.0

\* 최저온도 : 23.0℃ / 최고온도 : 27.0℃ \* 측정일 : 2002.02.28  
 실내평균온도 : 25.0℃ 평균기온 : 3.6℃ 평균상대습도 : 78.6%

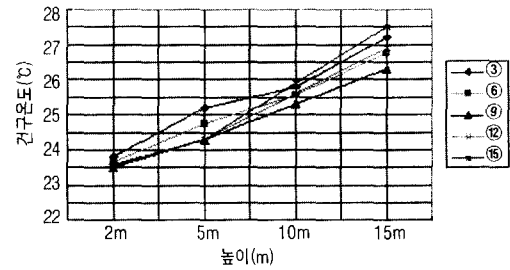
<표 5> 상대습도 측정값

측정점	2m	5m	10m	15m	수직평균
(1)	54	52	50	49	51.3
(2)	51	50	49	49	49.8
(3)	52	50	49	47	49.5
(4)	53	53	52	49	51.8
(5)	52	51	50	48	50.3
(6)	52	50	49	48	49.8
(7)	54	54	54	49	52.8
(8)	54	52	51	48	51.3
(9)	53	52	50	49	51.0
(10)	54	53	52	48	51.8
(11)	53	51	50	49	50.8
(12)	53	51	50	48	50.5
(13)	53	53	50	48	51.0
(14)	52	50	49	50	50.3
(15)	52	51	49	47	49.8
수평평균	52.8	51.5	50.3	48.4	50.8

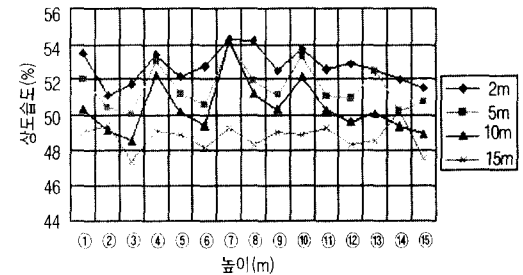
\* 최저상대습도 : 47% / 최고상대습도 : 54% 실내평균상대습도 : 50.8%



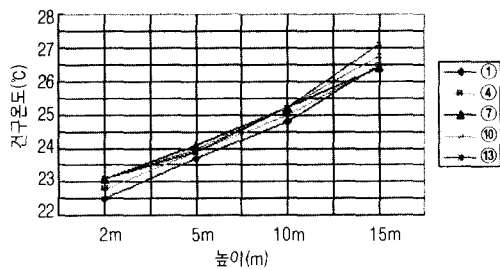
[그림 5] 건구온도 수직분포도(B단면)



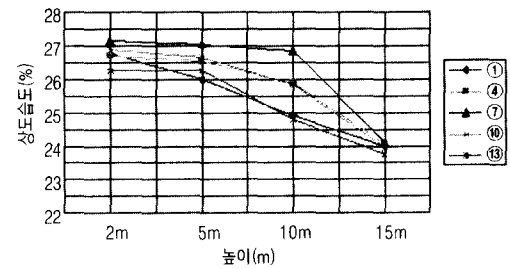
[그림 6] 건구온도 수직분포도(C단면)



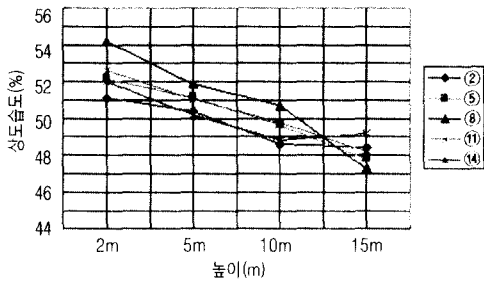
[그림 7] 상대습도 평면분포도



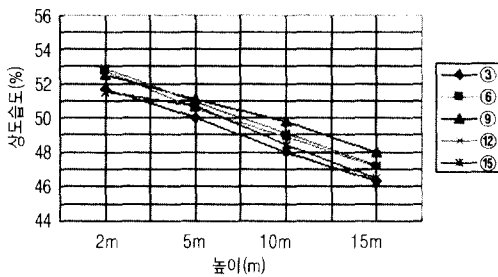
[그림 4] 건구온도 수직분포도(A단면)



[그림 8] 상대습도 수직분포도(A단면)



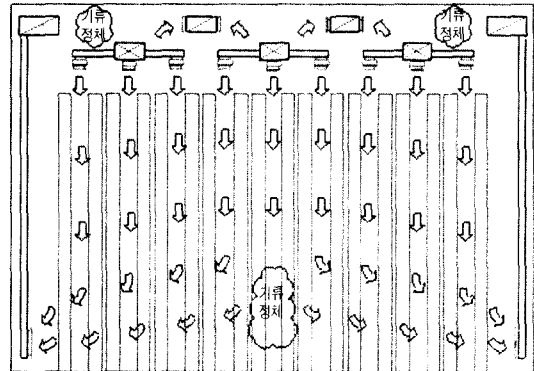
[그림 9] 상대습도 수직분포도(B단면)



[그림 10] 상대습도 수직분포도(C단면)

인한 정체로 주변보다 상대적으로 높게 나타나 중앙부 취출구는 유인비와 도달거리를 좀 더 크게 선정해야 하는 아쉬움이 있었다.

난방시 상부 취출 부분에서는 취출구 사이공간의 기류가 완전히 유인되지 못하고 일부 정체된 현상이 나타나기도 하였는데 그 공기가 상부 흡입구로 유입되



[그림 11] 기류 흐름도

어 재순환공기온도만 상승하는 결과를 초래하였다.

이에 상·하부 흡입구의 풍량조정 (air adjusting & balancing)을 통해 완화하였으나, 하부 흡입구에 의존하여 실내온도를 제어하다 보니 실온 설정치 (setting point)와 실내 평균온도와의 차이를 보여 온도 제어부의 설정치를 수정하여 조치하였다.

이상으로 설계 및 실측해본 결과를 가지고 대공간 향온향습에 대하여 살펴보았다. 향온향습설계가 어려운 기술확보가 필요한 부분은 아니지만 층고가 높은 대공간에서의 적용이라는 측면에서 우려되는 점이 없지않았다. 다소의 시행착오로 어려운 점도 있었지만 끝까지 최선을 다하여 목표에 부합되는 결론을 맺을 수 있었다. ㉞