

열환경인공기후실의 설계

고경태, 정성일, 박종일, 김경훈
 경희대학교 공과대학 기계공학과
 레이저공학연구소 환경열유체실험실

Design of a Thermal Environmental Artificial Climate Chamber

Kyung-tae Ko^{*1}, Sung-il Choung^{*1}, Jong-il Park^{*2}, Kyung-hoon Kim^{*3}

Department of Mechanical Engineering college of Engineering Kyung Hee University

-ABSTRACT-

The purpose of this study is the design of the climate chamber. Experiments was performed in a climate chamber that was running Under Floor Air-Conditioning System(UFAC). The chamber has a diffuser in the middle of the floor, and exhausts on the ceiling, simulating underfloor air conditioning system.

1. 서 론

과거에는 실내환경의 쾌적함이 그렇게 중시되지 않았다. 단순히 시원하거나 따뜻하면 만족을 느꼈으나 현대인의 생활의 질이 높아지면서 점차 건강과 쾌적성에 대한 요구가 높아져서 실내를 더욱 쾌적한 상태로 만들어주지 않으면 안되게 되었다. 한편 현대인은 실내활동의 비중이 더욱 높아져서 쾌적한 실내환경은 일의 효율성을 증대시키고 나아가 건강을 유지하는데 매우 중요하게 되었다. 최근 정보화 시대로의 급속한 변화에 따른 사무자동화와 지가상승에 따른 조밀화로 인해 사무실내 열부하가 급속히 증가되고 있다. 이로 인해 재실자에게 더욱 쾌적한 환경을 제공하기 위하여 실내의 기온, 습도 등을 조절 및 제어 가능한 공조장치등이 요구되고 설치되고 있다.

현재 쾌적한 실내 공간에 대한 계측 및 평가에

관한 연구가 세계적으로 활발히 수행되고 있다.¹⁻⁵⁾ 국내에서는 1970년대 후반부터 일부대학의 연구소에서 실내온열환경의 쾌적성에 대한 연구가 시작되었는데, 이들은 주로 아파트나 단독주택과 같은 주거시설을 대상으로 연구를 수행하였다.⁶⁻⁸⁾ 최근에는 환경실험실을 사용하여 한국인의 온열쾌적감에 온·습도, 의복, 기류, 활동량등이 미치는 영향을 밝혀내려는 연구도 수행되고 있다.⁹⁻¹⁴⁾ 이에 본 연구에서는 천정분출공조와 바닥분출공조 시스템을 갖춘 환경인공기후실내에서 쾌적조건을 규명할뿐만 아니라 단순히 송풍량에만 의존하지 않는 새로운 환기시스템의 설계 방법을 제시하여 실내환경의 최적조건을 찾아낼 수 있도록 하는데 연구의 목적을 두었다.

2. 공기조화방식

종래의 대표적인 천정분출공조와 바닥분출공조 방식을 그림 1과 그림 2에 소개한다.

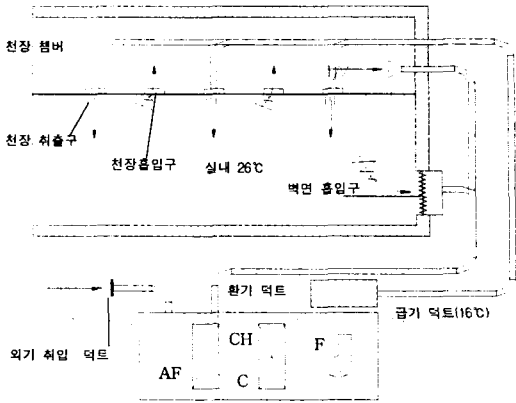


그림 1. 천정분출 공조시스템

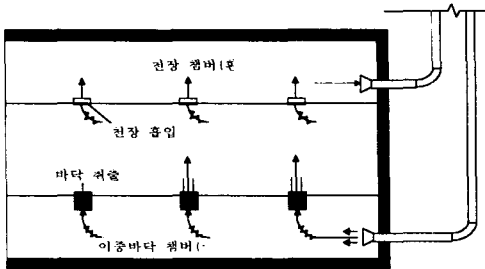


그림 2. 바닥분출 공조시스템(가압식)

천정분출방식은 냉방시 천정에서 찬 공기가 분출되어 실내공기와 혼합을 이루며 재실자가 위치하는 바닥근처까지 도달하게 된다. 이 과정에서 분출된 공기는 재실자에게 도달할 때까지 충분한 혼합거리를 확보하게 되므로 상대적으로 저온공기와 빠른 유속을 가져도 재실자에 도달할 때에는 적당히 완화되어 직접적인 영향이 적다.

반면 바닥분출방식은 몇가지의 변형된 시스템이 소개되고 있으나, 기본적으로는 재실자와 가까운 위치로 된 바닥의 급기구로부터 선회되어 분사된 저온의 공기가 비교적 짧은거리를 통해서 주변공기와 혼합을 일으킨 후 재실자 주위를 감싸고나서 천정에 위치한 배출구로 빠져 나가는 구조를 취한다. 따라서 더워진 공기는 부력에 의해 천정 쪽으로 향하려는 성향과 일치되어 일종의 비혼합공조의 양상을 띄게 된다. 여기에서 바닥분출공조의 장점을 요약한다면은 다음과 같이 정리할 수

있을 것이다. 즉.

- 비혼합성 공조에 의한 환기효율 증대
- 거주역 중심의 국부 혹은 개인공조에 의한 에너지 절약
- 대용량 국부 발열원의 효율적인 열제거 및 오염원 제거
- 재실자의 개인차를 살린 쾌적공조 실현
- 덕트공사의 저감에 의한 공사비 절감

한편 이런 장점만이 부각되기 쉬우나 설계, 시공기술이 미비된 경우에 발생할 수 있는 문제점도 있다. 먼저 냉풍(cold draft)의 직접적인 영향을 들 수 있다. 바닥분출방식에서는 비교적 단거리를 거쳐 재실자에게 기류가 도달하므로 풍속을 지나치게 크게 하거나 찬 공기를 공급할 경우에는 불쾌감을 야기하게 된다. 또한 바닥 및 이중바닥에 먼지의 비산도 우려할 만한 사항으로서 역시 풍속이 지나치게 커지는 경우에는 문제가 될 수 있다. 한편 이중바닥으로 구성되는 덕트 역할의 챔버 내의 공기압력 및 온도분포 역시 중요한 변수이다. 공기조화기에서 적당히 조절된 공급공기는 이중바닥을 거쳐 급기구를 통과해 실내에 분출되나, 공기조화기로부터 멀리 위치한 급기구일수록 냉방의 경우에는 온도가 상승하게 되어 자칫하면 심한 온도편차가 존재하게 된다. 또한 이중바닥 내에 수납된 각종 배선계통의 영향으로 압력불균일을 초래하게 된다. 이외에도 바닥면에서의 공기 누설과 바닥패널의 단열성, 난방시의 적절한 구조, 그리고 개별공조와 관련하여 부분부하에 대응하기 위한 방안 등의 연구도 제어시스템의 설계에 충분히 반영되어야 한다. 즉 이와같이 바닥분출방식이 천정분출방식과 비교해 볼 때 아직까지 공조설비에 그다지 보급되지 않은 점들도, 앞으로 좀더 연구되어야 할 부분이 많음을 나타내고 있는 것이다.

3. 실험장치

바닥분출 공조시스템은 여러 장점이 있지만 아직 미해결 문제점도 많아서 보급 실적은 아주 적은 편이다. 특히 국내에서는 이 시스템을 적용한 건물은 극소수이며, 그 설계기술은 전적으로 외국 기술에 의존하고 있는 상황이다. 본 연구에서는

설계에 필요한 자료를 얻기 위하여 천정분출공조와 바닥분출공조방식이 겸비된 실험장치를 구성하여 실험을 수행한다.

3.1 공조기기

공조방식은 천정에 설치한 덕트에 의한 취출과 바닥에 설치한 Assess Floor에 의한 취출로 나누어지도록 되어 있으며, 향후 연구계획에 따라 천정흡입-천정배출, 천정흡입-바닥배출, 바닥흡입-바닥배출, 바닥흡입-천정배출의 4가지 형식의 기류형태를 설정하고 실험할 예정이다. 천정취출의 자재 규격은 덕트 Style - 원형덕트(30°)의 플렉시블형으로 하였으며 또한 댐퍼는 총 9개가 설치되고 공기의 누설을 최소화하기 위하여 고무패킹이 설치되었다. 바닥에는 기류분포를 이용한 실험을 위하여 Assess Floor에 의한 취출방식을 채택하였다. Assess Floor의 규격은 습도로 600mm, 세로 600mm, 두께 100mm의 우드타이프로 바닥에서 200mm가 떨어지게끔 지지대에 의해 시공되었다. 한편 환경인공기후실과 향온향습기를 통한 모든 연결방식은 플렉시블덕트에 의해 Damper와 연결된다. 그리고 실험에 쓰인 향온향습기는 일정한 온도의 공기를 적당한 풍량으로 송풍하여 실내에 유입되는 냉방부하를 변경하는 변풍량의 단일덕트 방식으로 채택하였으며, 냉동능력은 3RT, Digital은 습도조절기가 부착되어 있다.

3.2 환경인공기후실

전체실험실면적은 20.48m²(가로 3.25m×세로 6.3m)이고, 높이는 2.4m으로 총체적은 49.14m³(3.25m×6.3m×2.4m=49.14m³)이다. 피험자가 입실한 환경인공기후실험실의 개략도 및 실험치의 측정계통도를 그림 3과 그림 4에 나타내었다.

환경인공기후실의 시공에 있어서 벽면시공은 기존설치벽면인 폭 4.5cm의 조립식 철판면에 두께 5cm의 보온단열재가 끼워진 조립식 철판면을 이중으로 덧붙여 내부를 포장형식으로 시공하였다. 그리고 벽면 각각의 모서리는 실리콘을 사용하여 실링을 하였다. 그리고 실험중 피험자의 상태를 관찰하기 위해 앞면유리를 가로 1m, 세로 0.5m,

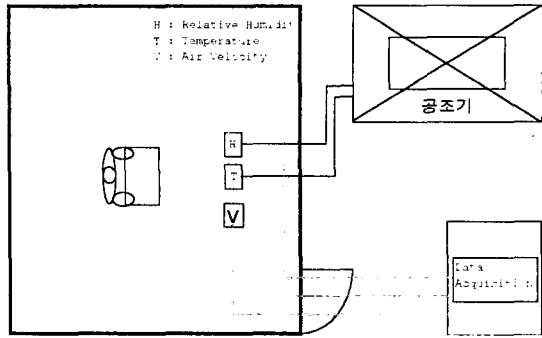


그림 3. 환경인공기후실 개략도

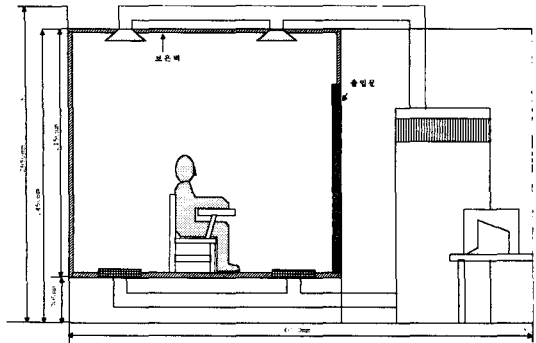


그림 4. 실험치 측정 계통도

두께 2cm인 공기가 주입된 진공상태의 이중창으로 시공하였다. 따라서 외부와의 열전달이 차단되는 단열상태를 유지하게끔 설계·제작되었다.

3.3 측정 시스템

실험에서는 풍속, 풍량이 측정 대상이 된다. 온도와 습도는 흑구온도계와 비점촉식온도계 및 industrial transmitters-(series I-100)습도계로 측정, 확인하였고 열선유속계와 3차원 초음파풍속계를 사용하여 풍속 및 풍량을 측정하였다.

3.4 가시화 장치

유동 특성을 파악하는 실험법 중 기류 가시화 등의 정성적인 방법을 통하여 기류형태를 개략적으로 파악하는 것이다. 본 연구에서도 급기구로부터 실내로 공급되는 기류의 공간적인 분포를 살펴보기 위하여 기류속도를 측정하였다. 이러한 정량적인 측정값을 검증하고, 급기구로부터 공급되

는 기류의 확산 정도를 정성적으로 파악하기 위하여 기류 가시화 실험을 병행하여 실시하였다. 공간적인 기류형태를 가시화 시키기 위해서는 보통 연기를 tracer로 사용하는 가시화법이 많이 사용되고 있으므로, 본 연구에서는 파라핀 오일을 가열시켜 만든 연기를 사용하여 급기구 출구의 기류 형태를 살펴보았다. 다양한 급기구로부터 실내로 공급되는 기류분포를 정성적으로 살펴보기 위하여 그림 5와 같은 가시화 실험장치를 구성하였다. 실험시 기류정류기 하류에서 열선유속계로 기류속도를 측정하여 풍량을 산정하였다.

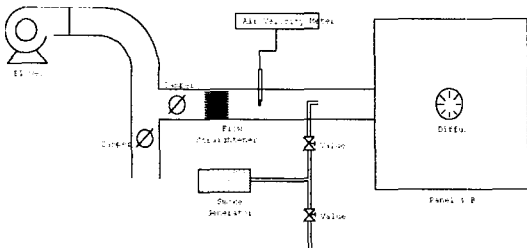


그림 5. 기류 가시화 실험장치의 개략도

4. 실험방법

실험의 결과로 얻어지는 모든 데이터는 실험실 외부에 있는 Data Acquisition 장치로 취득되어 저장하였고 기류 가시화 실험장치를 이용하여 얻어진 결과를 분석한다. 3차원 초음파 풍속계를 사용하여 1개의 급기구에 설치한 후 2~3가지로

풍량을 변화시키고, 각각의 풍량에 대하여 센서의 높이를 변화시켜 가면서 데이터를 취득하였다. 환경인공실험실에서 사용된 센서와 측정장비에 대한 제원을 항목별로 구분하여 표 1에 나타내었다.

5. 실험결과 및 해석

급기구에 대하여 기류 분포 실험을 수행한다. 여기서는 기류의 속도 크기만을 측정하고 방향은 측정하지 않는다. 속도의 각 성분 및 표준편차는 3차원 초음파 풍속계로 측정한다.

실험대상의 급기구는 Krantz-TKT사의 직경 150mm의 Diffuser이다.

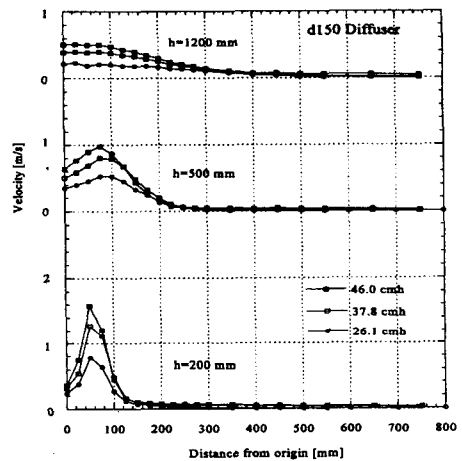


그림 6. d150 diffuser의 속도분포

표 1. 실험에서 사용된 센서와 측정장비

구분	측정항목	측정기기
온열환경	공기 온도	K-Type 열전대(0.3φ) 디지털온·습도측정기(HYGROMER-PA10)
	상대 습도	습도센서(rotronic Hygromer I-200 series) 흑구온도계 C-C 열전대 (φ 0.127mm)
		비점축식 온도계(Raytek Raynger PM40L3U)
		냉동능력 3RT 변풍량방식 Digital 온·습도조절기가 부착
가시화	기류 분포	기류 가시화 장치 3차원 초음파 풍속계 열선 풍속계

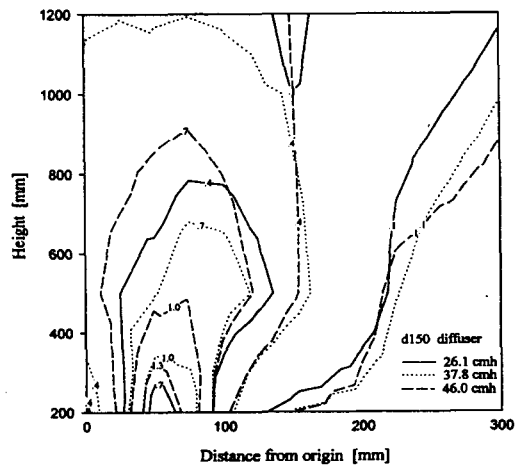


그림 7. d150 diffuser의 속도장

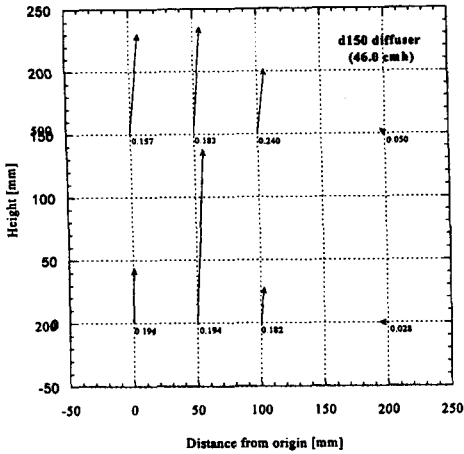


그림 8. d150 diffuser의 속도분포 및 표준편차 (3차원 풍속계)

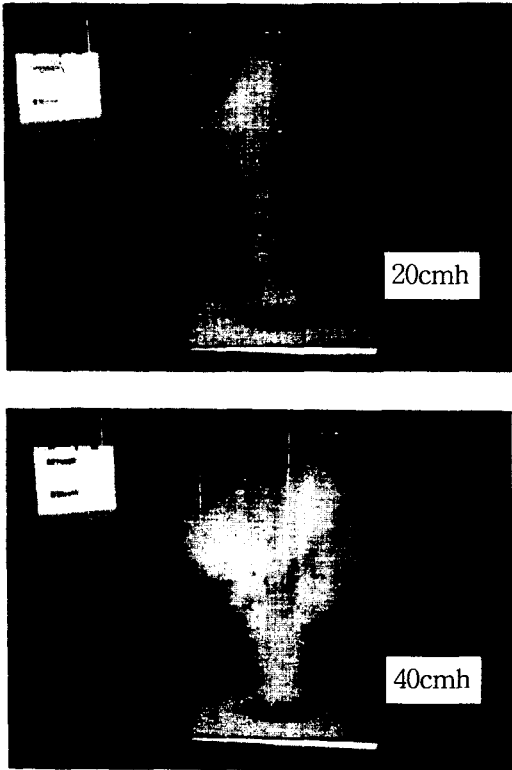


그림 9. 급기구 출구의 기류 가시화

그림 6은 d150 diffuser에 대한 기류 분포의 결과이다. 원형 급기구에 비하여 속도는 전체적으로 증가한다. 높이 1200mm에서는 중심쪽에서의 속

도가 최대값을 보인다. Krantz-TKT사 제품 d150 diffuser는 확산각도가 작아 외주부가 큰 영향을 미치지 못한다. 만약 확산각도가 큰 급기구에 외주부를 설치하여 실험을 수행한다면 그 영향은 크게 나타나리라 전망된다.

그림 7은 d150 diffuser에 대한 속도장분포를 보여준 것이다. 초기속도가 작으므로 급기구 기류의 영향을 받는 영역이 작다.

각 성분과 방향을 알아보기 위해서 3차원 초음파 풍속계를 사용하여 속도의 3성분으로부터 속도의 방향을 계산한다. 그림 8은 xy평면에서 속도의 크기, 방향 및 표준편차를 나타낸다.

바닥분출 공조용 급기구의 출구에서 기류가 확산되어 가는 양상을 살펴보기 위한 기류 가시화 실험결과를 그림 9에 나타내었다. 풍량을 2가지 (20, 40cmh)로 변화시켰다. 풍량이 적은 경우 확산각이 약 40° 이고, 풍량이 많은 경우는 확산각이 증가하여 80° 정도가 됨을 알 수 있었다.

6. 결 론

본 연구에서는 환경인공기후실의 설계를 위하여 실내의 기류분포를 중심으로 급기구 주변에 대한 1차원 및 3차원 풍속 분포를 측정하였다. 그리고 가시화 실험을 통하여 급기구의 풍량에 따른 기류 특성을 파악하였다. 선회류 강도는 유입량과 도달거리에 중요한 영향을 미치며, 풍향의 조절은 전체/국부 또는 냉방/난방 방식 변경시 필요하다. 기존 제품의 급기구는 선회류 강도와 풍향의 조절이 불가능하므로 선회수와 풍향을 조절할 수 있는 급기구의 개발이 필요하다. 특히 가시화 실험을 통하여 풍량에 따라 기류의 분포가 바뀌는 것을 확인할 수 있었다.

후기 : 이 연구는 한국학술진흥재단의 '96학제간 연구과제 지원에 의해 이루어진 것의 일부이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

1. ASHRAE, 1992, Thermal Environmental

Conditions for Human Occupancy, 282-287
ANSI/ASHRAE Standard 55-1992.

2. Akimoto, T., Nobe, T. and Takebayashi, Y.,
1995, Experimental Study on the Floor-Supply
Displacement Ventilation System, ASHRAE
Transactions, 912-925.

3. Shute, R. W., 1995, Intergrated Access Floor
HVAC : Lessons Learned, ASHRAE
Transactions, 877-886.

4. Matsunawa, K., Iizuka, H. and Tanabe, S-I.,
1995, Development and Application of an
Underfloor Air-Conditioning System with
Improved Outlets for a "Smart" Building in
Tokyo, ASHRAE Transactions, 887-901.

5. 橋本信一, 1995, 바닥 난방 병용 바닥 취출 공
조 시스템, 설비기술, 11월호, 통권 75호. 72-78.

6. 中原信生, 1995, 바닥 취출 공조 시스템의 현재
와 미래, 설비기술, 11월호, 통권 75호, 38-39.

7. 이춘식, 1995, 외국의 바닥 취출 공조 시스템
현황, 설비기술, 11월호, 통권 75호, 2-8.

8. 이현수, 1995, 바닥 취출 공조 시스템 설계 사
례-한국전자 통신 연구소, 설비기술, 11월호, 통권
75호, 17-56.

9. 김선정, 1995, 최근의 바닥 공조 시스템, 설비
기술, 11월호, 통권 75호, 9-16.

10. 김용식, 1996, 바닥취출 공조시스템의 실내 공
기환경, 공기조화 냉동공학회 환경부분강연회, 12
월 18일, 87-107.

11. 김경훈, 1997, "하계 남성복의 온열쾌적감에
관한 연구", '97 한국섬유공학회 추계학술발표대
회논문집 364~368

12. 김태훈, 1996, "직물의 물리적 특성에 따른 쾌
적성 연구(1)", 한국섬유공학회지, 제33권, 제12호,
1035-1041

13. 성수광, 1997, "남자 한복의 열차단 효과에 관
한 연구(I)", 한국섬유공학회지, 제34권, 제4호,
240-245

14. 성수광, 1997, "남자 한복의 열차단 효과에 관
한 연구(II)", 한국섬유공학회지, 제34권, 제5호,

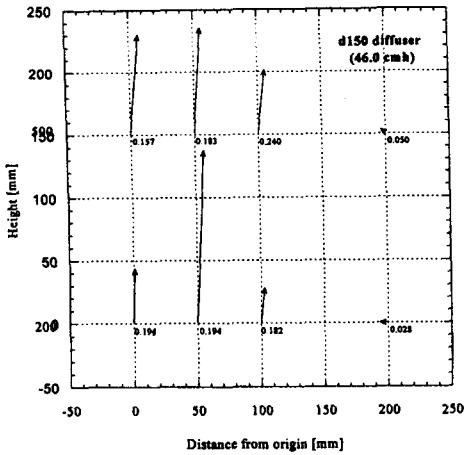


그림 8. d150 diffuser의 속도분포 및 표준편차 (3차원 풍속계)

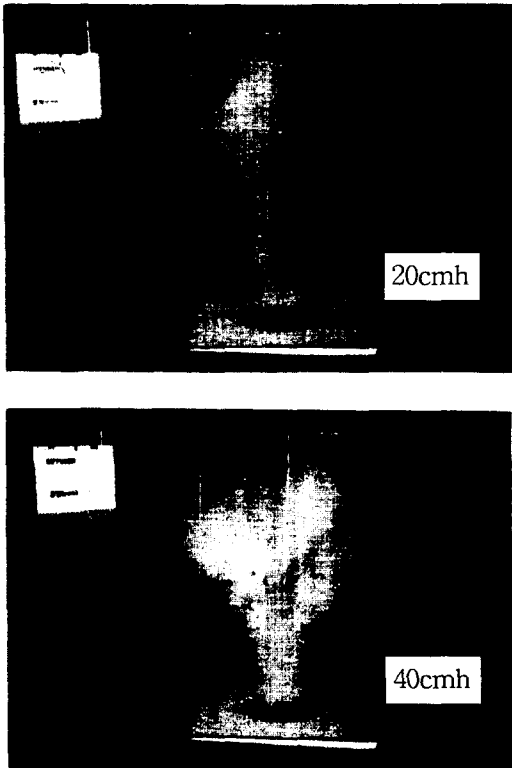


그림 9. 급기구 출구의 기류 가시화

그림 6은 d150 diffuser에 대한 기류 분포의 결과이다. 원형 급기구에 비하여 속도는 전체적으로 증가한다. 높이 1200mm에서는 중심쪽에서의 속

도가 최대값을 보인다. Krantz-TKT사 제품 d150 diffuser는 확산각도가 작아 외주부가 큰 영향을 미치지 못한다. 만약 확산각도가 큰 급기구에 외주부를 설치하여 실험을 수행한다면 그 영향은 크게 나타나리라 전망된다.

그림 7은 d150 diffuser에 대한 속도장분포를 보여준 것이다. 초기속도가 작으므로 급기구 기류의 영향을 받는 영역이 작다.

각 성분과 방향을 알아보기 위해서 3차원 초음파 풍속계를 사용하여 속도의 3성분으로부터 속도의 방향을 계산한다. 그림 8은 xy평면에서 속도의 크기, 방향 및 표준편차를 나타낸다.

바닥분출 공조용 급기구의 출구에서 기류가 확산되어 가는 양상을 살펴보기 위한 기류 가시화 실험결과를 그림 9에 나타내었다. 풍량을 2가지 (20, 40cmh)로 변화시켰다. 풍량이 적은 경우 확산각이 약 40° 이고, 풍량이 많은 경우는 확산각이 증가하여 80° 정도가 됨을 알 수 있었다.

6. 결 론

본 연구에서는 환경인공기후실의 설계를 위하여 실내의 기류분포를 중심으로 급기구 주변에 대한 1차원 및 3차원 풍속 분포를 측정하였다. 그리고 가시화 실험을 통하여 급기구의 풍량에 따른 기류 특성을 파악하였다. 선회류 강도는 유입량과 도달거리에 중요한 영향을 미치며, 풍향의 조절은 전체/국부 또는 냉방/난방 방식 변경시 필요하다. 기존 제품의 급기구는 선회류 강도와 풍향의 조절이 불가능하므로 선회수와 풍향을 조절할 수 있는 급기구의 개발이 필요하다. 특히 가시화 실험을 통하여 풍량에 따라 기류의 분포가 바뀌는 것을 확인할 수 있었다.

후기 : 이 연구는 한국학술진흥재단의 '96학제간 연구과제 지원에 의해 이루어진 것의 일부이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

1. ASHRAE, 1992, Thermal Environmental

Conditions for Human Occupancy, 282-287
ANSI/ASHRAE Standard 55-1992.

2. Akimoto, T., Nobe, T. and Takebayashi, Y.,
1995, Experimental Study on the Floor-Supply
Displacement Ventilation System, ASHRAE
Transactions, 912-925.

3. Shute, R. W., 1995, Intergrated Access Floor
HVAC : Lessons Learned, ASHRAE
Transactions, 877-886.

4. Matsunawa, K., Ilizuka, H. and Tanabe, S-I.,
1995, Development and Application of an
Underfloor Air-Conditioning System with
Improved Outlets for a "Smart" Building in
Tokyo, ASHRAE Transactions, 887-901.

5. 橋本信一, 1995, 바닥 난방 병용 바닥 취출 공
조 시스템, 설비기술, 11월호, 통권 75호. 72-78.

6. 中原信生, 1995, 바닥 취출 공조 시스템의 현재
와 미래, 설비기술, 11월호, 통권 75호, 38-39.

7. 이춘식, 1995, 외국의 바닥 취출 공조 시스템
현황, 설비기술, 11월호, 통권 75호, 2-8.

8. 이현수, 1995, 바닥 취출 공조 시스템 설계 사
례-한국전자 통신 연구소, 설비기술, 11월호, 통권
75호, 17-56.

9. 김선정, 1995, 최근의 바닥 공조 시스템, 설비
기술, 11월호, 통권 75호, 9-16.

10. 김용식, 1996, 바닥취출 공조시스템의 실내 공
기환경, 공기조화 냉동공학회 환경부분강연회, 12
월 18일, 87-107.

11. 김경훈, 1997, "하계 남성복의 은열쾌적감에
관한 연구", '97 한국섬유공학회 추계학술발표대
회논문집 364~368

12. 김태훈, 1996, "직물의 물리적 특성에 따른 쾌
적성 연구(1)", 한국섬유공학회지, 제33권, 제12호,
1035-1041

13. 성수광, 1997, "남자 한복의 열차단 효과에 관
한 연구(I)", 한국섬유공학회지, 제34권, 제4호,
240-245

14. 성수광, 1997, "남자 한복의 열차단 효과에 관
한 연구(II)", 한국섬유공학회지, 제34권, 제5호,