

철도 차량의 HVAC 위치에 따른 공기조화 시스템 및 Air Duct 구조의 특성에 관한 고찰

A Survey for the Air Treatment System according to the Position of HVAC and the Feature of Air Duct Structure in the Train

정화식*
Jung, Hwa-Sic

박재홍**
Park, Jae-Hong

염규학**
Yeom, Gyu-Hak

ABSTRACT

The HVAC and the air duct is to make optimal indoor environment. By the HVAC position, method and the air duct construction, the important elements can affect on cooling performance, passengers' convenience, and energy efficiency. According to this, there are features, such as the indoor temperature distribution, cooling performance, velocity distribution from diffuser, tend to be come out variously. Also, comparing and analysing temperature distribution, cooling performance, air velocity, noise based on the real practical vehicle tests, it shows features in detail. Besides, it can lead to make design the system of HVAC & air duct effectively.

1. 서 론

철도차량에서의 HVAC 및 Air Duct는 차량내부의 온도 조절 및 유지, 환기 등의 역할을 수행하는 장치로 쾌적한 실내 환경을 만드는 필수장치 중 하나이다. HVAC에서 신선공기와 함께 온도 Control된 공기는 Air Duct를 통하여 차량 내부로 공급된다. 현재 철도차량에 적용되고 있는 HVAC는 차량의 동력원, 구성 요소, 조건 등 여러 가지 다양한 요인에 의해 취부 위치와 방법 등이 결정되어지고, HVAC의 위치 및 차량조건에 의해 다양한 구조의 Air Duct가 구성되고 있다. 그리고 HVAC의 다양한 취부 위치, 방법 및 Air Duct 구조는 냉방효율 및 승객의 쾌적성, 에너지효율에 영향을 미치는 중요한 인자일 뿐만 아니라 냉방성능, 실내온도의 분포, 그리고 Diffuser에서의 유속 분포 특성이 각각 다양하게 나타나는 경향이 있다.

따라서 본 연구에서는 각각의 차량 조건에 의해 적용되는 HVAC 위치를 비교하고, HVAC의 위치 및 취부 방법에 따라 적용할 수 있는 Air Duct 기본 구조 및 기본적인 특성을 알아보고, 각각 Air Duct의 기본 구조에 따라 적용된 실 차량에서의 진행된 Test 자료를 바탕으로 실내온도의 분포, 냉방성능, Diffuser에서의 유속분포, 소음에 대하여 각각 비교 및 Test 자료를 분석하여 특성을 알아봄으로써 철도차량 조건에 맞는 최적의 HVAC 위치 및 Air Duct 구조를 파악하여 철도차량의 HVAC와 Air Duct 설계에 도움이 되고자 한다.

* (주)로템, 기술연구소, 비회원

E-mail : talon@rotem.co.kr

TEL : (031)460-1367 FAX : (031)460-1786

** (주)로템, 기술연구소

*** (주)로템, 기술연구소

2. 본 문

2.1 HVAC의 위치 및 취부 방법

철도차량에서의 HVAC의 취부 위치는 중앙부 2unit형, 중앙부 2unit 일체형, 2unit 분리형, 단부 2unit 분리형으로 나누어지는데 이는 및 차량한계, 판토타그래프, 브레이크, 엔진, 물탱크 등의 유무 및 위치에 따라 취부 위치가 선택되어지고, 매립형, 반매립형, 돌출형으로 HVAC 취부 방법이 결정되어 진다.

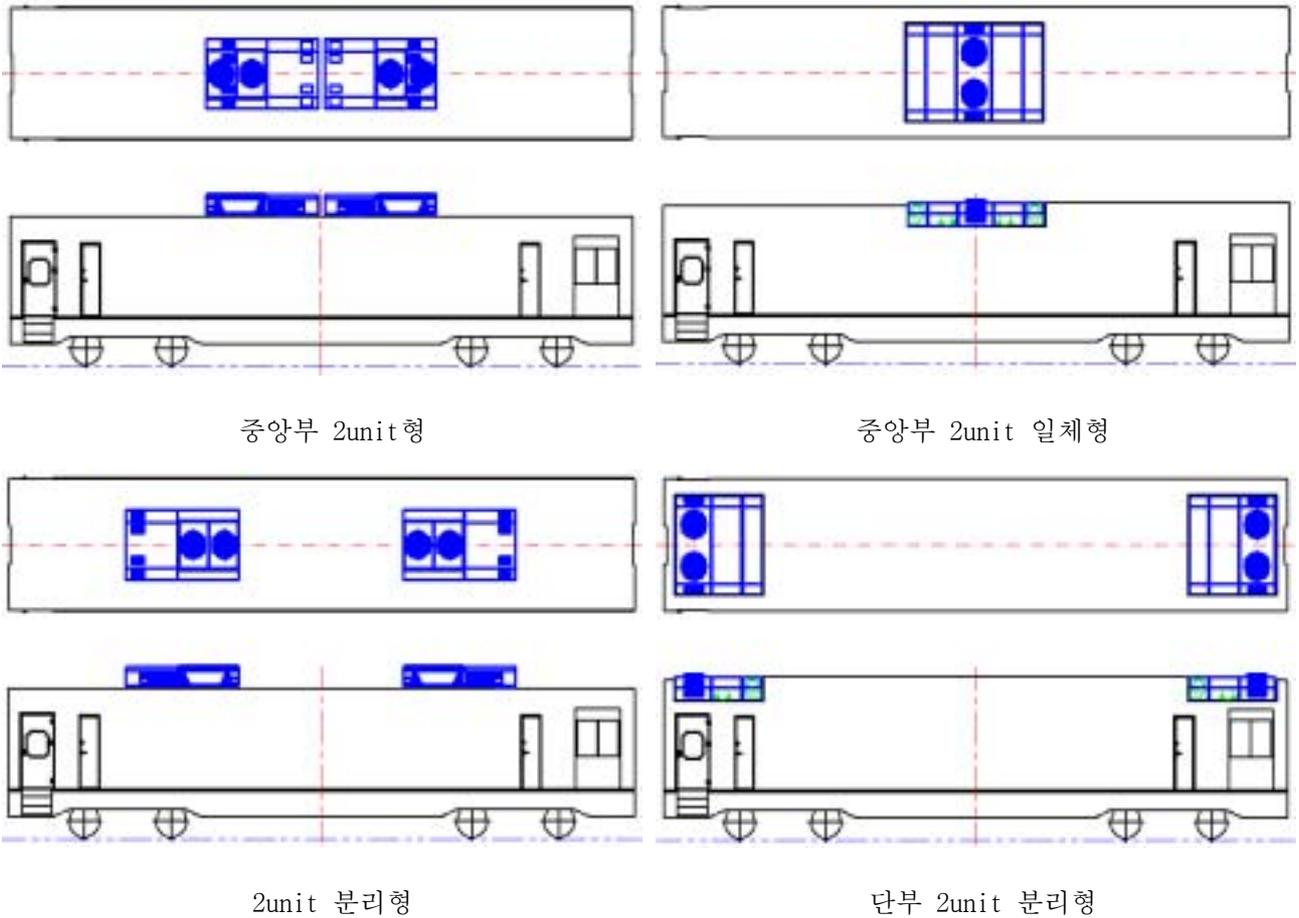


그림 1. HVAC의 위치

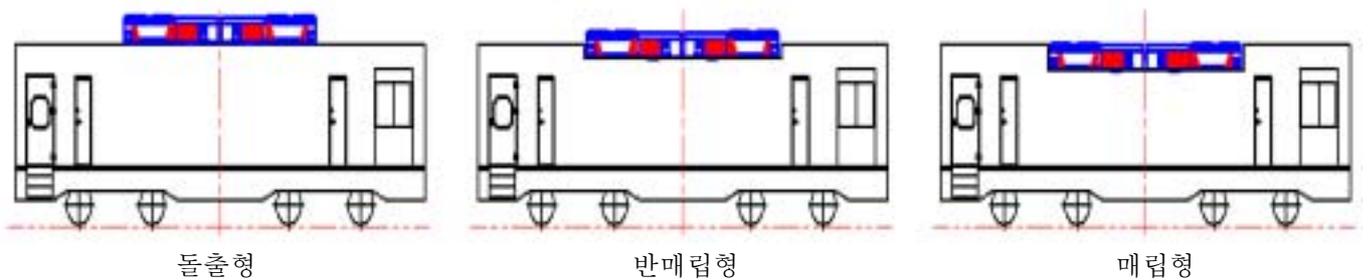


그림 2. HVAC 취부방법

2.2 Air Duct 기본적인 구조 및 특성

Passenger Comfort Level과 소음은 Air Duct 설계의 가장 중요한 Factor이다. Passenger Comfort는 국제규격인 UIC553, EN13129, ASHRAE, EN14750-1 및 시행청의 사양을 따른다. Air Duct의 기본적인 구조는 HVAC의 위치 및 취부 방법에 의해 결정되어지는데 철도차량에서 각 HVAC의 위치에 따라 고려되는 기본적인 Air Duct 구조는 아래와 같다.

① 중앙집중 11형

이와 같은 구조의 Duct는 HVAC 위치가 중앙부 2unit이나 중앙부 2unit 일체형의 경우 가장 최적화된 방안이다.

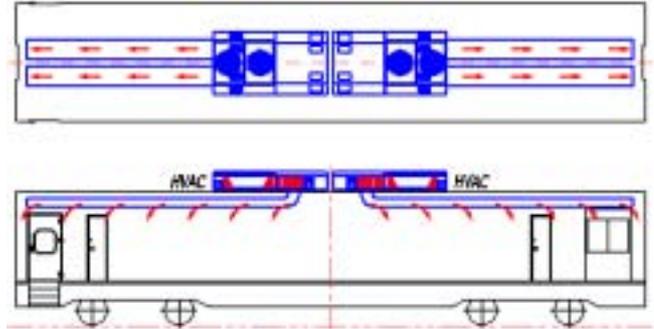


그림3. 중앙집중 11형 Duct구조

② 양측분리 11형

이와 같은 구조의 Duct는 HVAC 위치가 2unit 분리형의 경우 가장 최적화된 구조로 전체 관로길이를 짧게 구성할 수 있어 Air의 Even Distribution에 유리하다.

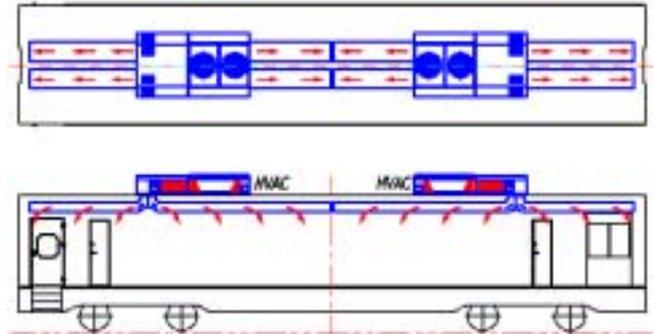


그림4. 양측분리 11형 Duct구조

③ 단부집중 11형(중앙차단)

단부 2unit 방식의 HVAC 위치인 경우 선택할 수 있는 구조이다.

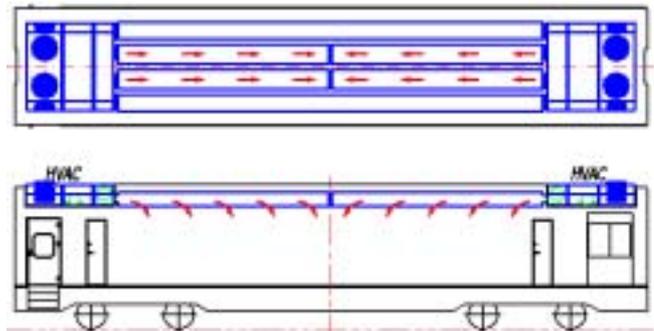


그림5. 단부집중 11형 Duct구조

④ Diagonal 형

단부 2unit 방식의 HVAC 위치인 경우 선택할 수 있는 구조로 HVAC 송풍기에서 나온 Air가 단면적이 점점 좁아지는 Duct를 통해 이동하여 전체적으로 Air의 Even Distribution이 쉬운 구조이다.

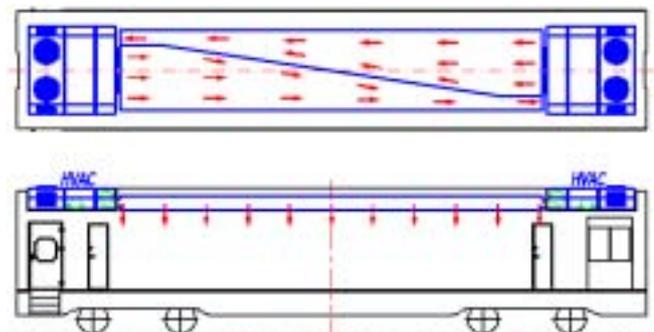


그림6. Diagonal 형 Duct구조

2.3 Air Duct 구조별 성능 비교

Air Duct 구조 각각은 실내온도의 분포, 냉방성능, 그리고 Diffuser에서의 유속 분포 특성이 각각 다양하게 나타나는 경향이 있는데, 실 차량에서 진행된 Test 자료를 바탕으로 실내온도의 분포, 냉방성능, Diffuser에서의 유속분포, 소음 특성을 각각 비교하겠다.

① 냉방능력(Cooling Performance) 및 온도 분포(Temperature Distribution)

냉방성능은 HVAC의 냉방용량의 영향도 크지만 Air Duct의 고른 Cooling Air 분산 능력에 의해 그 특성이 달라지고, 실내온도 분포는 Air Duct가 HVAC에서 나온 Air를 차량내부에 얼마나 고르게 분포시켜 줄 수 있고, Air Duct의 Diffuser에서 토출된 공기가 Return Grille를 통해 들어가는 공기 순환 영역이 차량전체에 걸쳐 일어나는 정도를 알 수 있는 지표이다. 아래는 각 Duct 구조별 HVAC의 가동 시작부터 30분 동안 실내평균온도 변화를 나타낸 그래프와 각 측정 시간에서의 측정위치에 따른 온도의 최대값과 최소값의 차를 나타낸 그래프이다. 온도 측정은 Floor에서 1600mm 위의 지점을 측정된 것으로 차량의 길이방향으로 5지점을 각 5분 간격으로 측정된 Data이다.

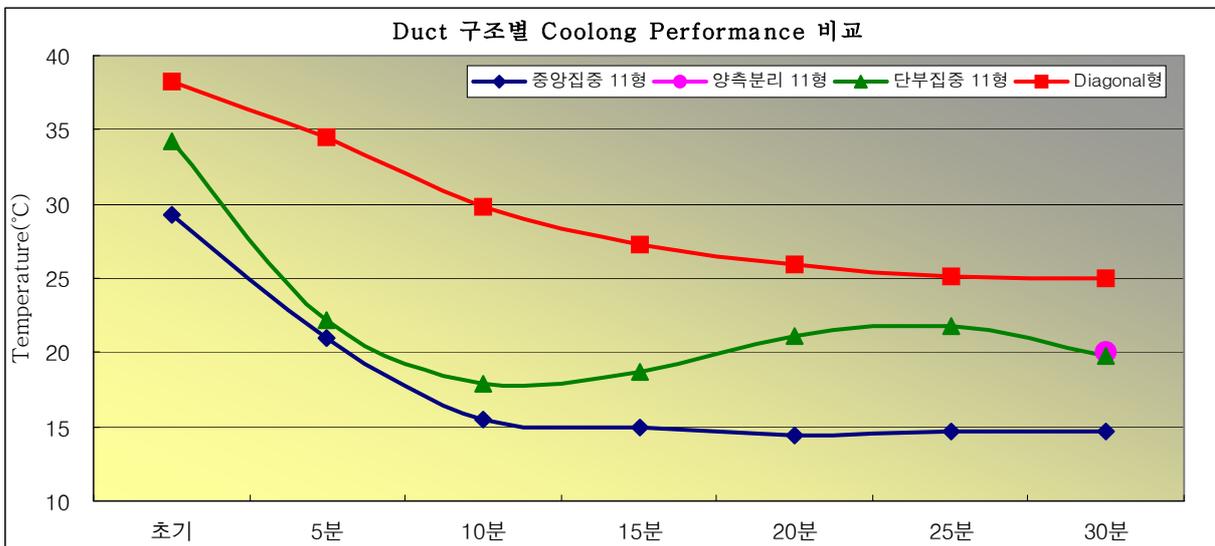


그림7. Duct 구조별 Cooling Performance 비교

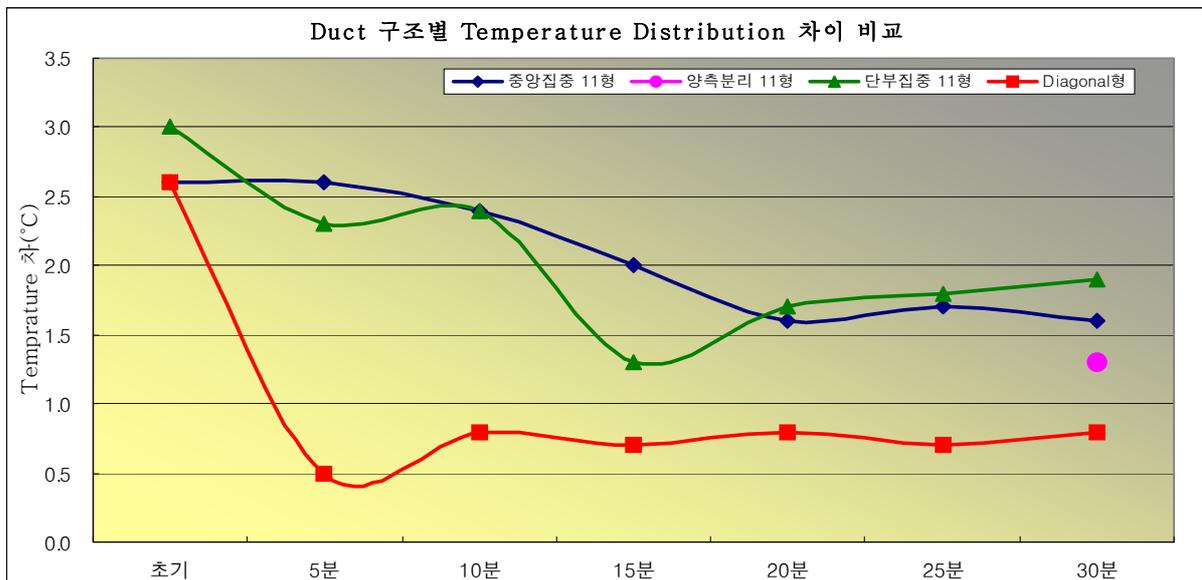


그림8. Duct 구조별 Temperature Distribution 차이 비교

② Diffuser 유속 분포

유속 분포는 Air Duct가 차량전체에 골고루 Air를 전달하는 능력에 대한 지표이다. Air Diffuser에서 토출된 공기의 속도는 승객의 쾌적성에 많은 영향을 미치므로 Air Duct는 각 지점의 유속의 차이가 최소화 될 수 있도록 해야 한다. 아래는 각 Duct 구조별 HVAC의 가동 20분 후 각 지점의 Diffuser에서 측정된 유속을 나타낸 것으로 차량 길이방향으로 12지점에서 측정된 그래프이다.

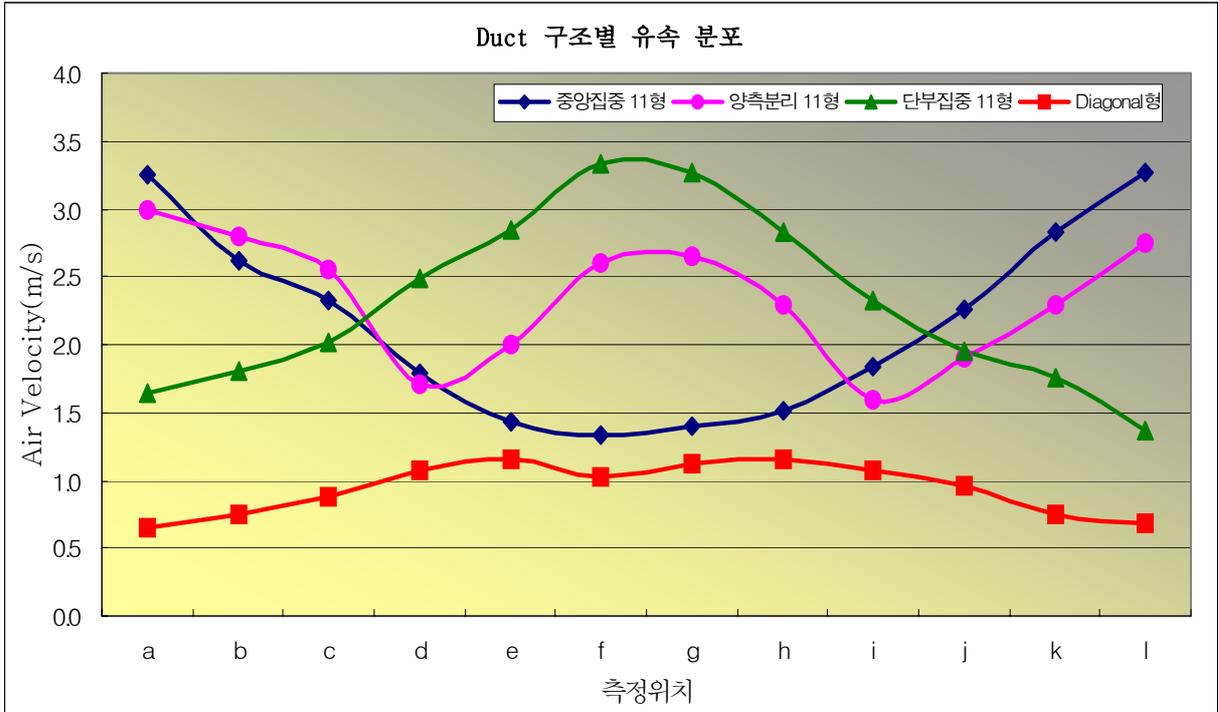


그림8. Duct 구조별 유속 분포

③ 소음

HVAC의 전냉방 상태에서 객실내부소음을 각 차량의 Floor 상면에서부터 1600mm인 지점에서 소음 측정기로 측정한다. 아래 그림은 각각 Duct 구조별 소음을 나타낸 그래프이다.

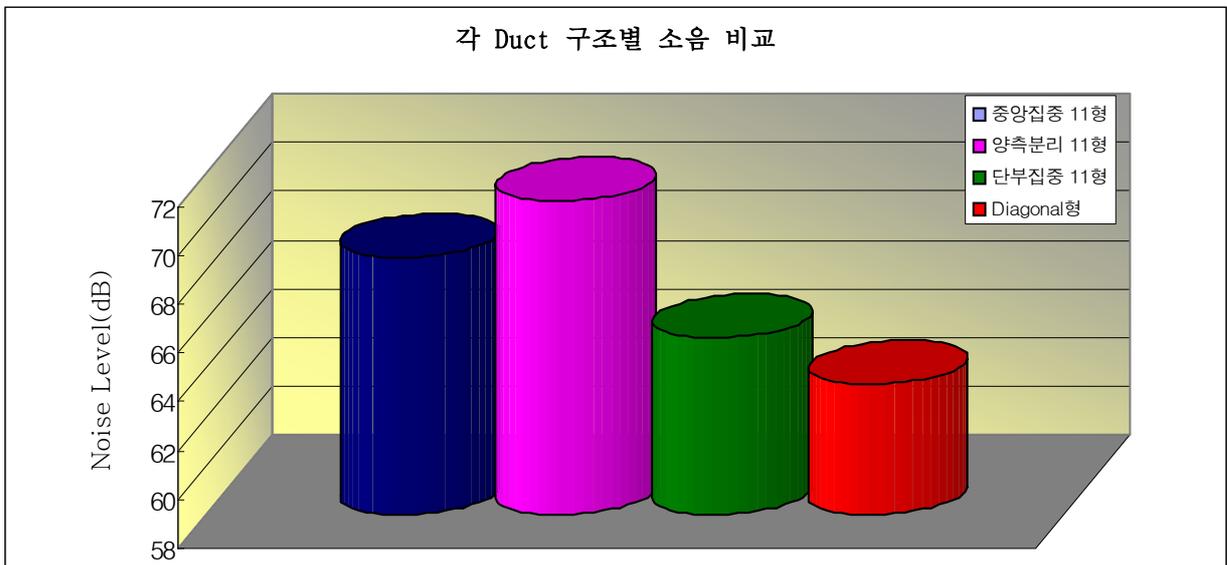


그림9. Duct 구조별 소음 비교

3. 결론 및 고찰

위에서 각각 HVAC 위치 및 취부 방법 그리고 각 Duct 구조별 냉방 성능, 온도 분포, 유속 분포 및 소음에 대한 분류 및 각각의 Test 값을 그래프로 나타내어 보았다.

우선 냉방성과 온도분포 측면에서 각 HVAC 위치, 취부방법 및 Duct구조별로 비교하면 온도분포 측면에서는 Diagonal형이 지역별 온도편차가 가장 적게 나타나지만 전체적으로 보면 HVAC 가동 후 15분 이후부터는 최대 2도 이하의 우수한 온도차를 보여준다. 그리고 냉방성능 측면에서는 각각 모든 Air Duct 구조에서 15분 이후부터 일정한 온도를 계속 유지하는 것을 볼 수 있고, 중앙집중 11형과 단부집중 11형의 경우 Diagonal형에 비해 일정온도 유지시간이 짧게 걸리는 것을 볼 수 있다.(단, 양측분리 11형의 경우 가동 30분 이후의 Data로만 나타내었다)

그리고 유속분포의 측면에서 각 Duct 구조별로 비교해 보면, 모든 11형의 Duct 구조에서는 HVAC 송풍기 출구단에서 가장 멀리 떨어진 곳의 Diffuser에서 유속이 가장 빠르고, 출구단으로 갈수록 유속이 느려지는 것을 볼 수 있다. Diagonal형의 경우 Air Duct 구조가 Diagonal형태가 유지되는 부분에서는 유속이 일정하게 유지되지만, Diagonal형태를 유지할 수 없는 HVAC 아래구간에서는 유속이 떨어지는 것을 볼 수 있다,

마지막으로 Duct 구조별 소음 Level을 비교하면, 중앙집중 11형과 양측분리 11형의 경우가 단부집중 11형과, Diagonal형의 경우보다 소음이 약간 높게 나타나는 특성이 있는데, 이는 HVAC의 취부방법의 특성과 Duct 구조의 특성에 기인한 것으로 볼 수 있다. 돌출형의 경우 HVAC에서 공급되는 유체의 방향과 Duct의 방향이 달라 여기서 발생하는 소음의 영향이 크다. 하지만 매립형 HVAC의 경우 송풍기의 출구단에서 나오는 유체의 방향과 Duct의 방향이 같아 소음측면에서 다소 유리하다. 그리고 양측분리11형의 경우 송풍기에서 나오는 유체가 방향이 바뀌고, 두 갈래로 나누어지면서 소음발생이 다소 많은 것을 알 수 있다.

이제까지 HVAC 위치 및 장착방법 분류 및 Test에서 나타난 각 Duct 구조별 특징을 살펴보고 비교해 보았다. 위 내용을 토대로 각 특성을 비교해 보면 11형의 Air Duct 구조의 경우 Duct의 끝단의 유속과 HVAC 근처의 유속과 차이가 나는 것을 알 수 있지만, 냉방능력 및 온도분포와 관련지어 보면 Diffuser 출구단에서 유속차이에 의한 영향은 미흡하다고 볼 수 있고, Diffuser의 형상 및 차량 내부공기의 와류로 인해 실제 승객에게 미치는 유속 차이에 대한 영향은 적다고 볼 수 있다. 그리고 Diagonal형의 경우 전체 유속분포의 특성과 냉방능력 및 온도 분포가 양호한 특성을 가지는 것을 알 수 있다.

참고문헌

1. 한국철도학회 학술대회지 , 한국철도학회 03 추계학술대회 논문집(III), pp.345-350, 2003
2. ASHRAE 2003 HVAC Applications, Chapter 9 Surface Transportation