

주택 환기용 덕트시스템의 개발 동향 및 개선방안

이 정 재 | 동아대학교 건축공학과 교수
E-mail : jjyee@dau.ac.kr

1. 머리말

2000년 이후 시작된 주택에서의 실내환경에 대한 관심은 2004년 다중이용시설 등에 대한 실내공기질관리법의 개정시행과 sick-house syndrome 및 well-being에 대한 국민적 관심의 고조와 더불어 사회적인 이슈로 자리 잡게 되었다. 특히, 2006년 이후 신축되는 공동주택에는 실내공기환경 개선을 위해 환기설비의 설치가 의무화 되었으며, 현재 일반적으로 1종의 기계환기 방식이 적용되고 있다.

기계환기 방식은 각 실로 신선한 공기를 공급하고 오염된 공기를 배기하기 위해 덕트의 설치가 필요하다. 국내에서도 2004년 11월 국회에서 주택법 개정안이 통과되었고 2005년 1월 소방법의 개정 적용으로 인해 11층 이상 공동주택 전층에 대해 스프링클러 설치가 의무화되면서 일정 높이의 천장공간이 확보되어, 이 공간을 환기 덕트의 공간으로 활용하고 있다. 그러나 우리나라의 아파트 층고는, 경제적 측면 등의 이유로, 대체로 2,800mm~2,950mm 정도이며, 실질적인 유효 천장공간은 170mm~320mm 정도이기 때문에 덕트설치를 위한 공간적 제약이 발생한다. 더욱이 천장 공간 내에 설치되는 스프링클러 및 각종 배관을 피하여 환기덕트를 설치해야 하기 때문에 현실적으로는 압력손실 증가 등의 많은 우려가 있음에도 플랫덕트(flat duct)를 많이 적용하고

있다. 이러한 플랫덕트를 사용하여 각 실로 덕트 유로 설계를 할 경우 스프링클러 등을 피해 각 실에 설치되기까지의 덕트 길이가 상당히 길어지게 되는 등, 시공성, 효율성 및 경제성 측면에서 많은 현실적인 문제로 발생할 수 있어 주택용 환기덕트 시스템의 현장 적용방안에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

본 고에서는 상기의 문제를 극복하기 위해 최근 제안된 유량조절형 분배기와 플렉시블 에어호스를 이용한 환기 덕트시스템에 대하여 소개한다.

2. 유량조절이 가능한 분배기

최근 주거공간에서 덕트방식의 환기가 활발히 적용되면서 이를 보다 효율적으로 반영하기 위해 분배기에 대한 적용이 점진적으로 이루어지고 있다. 환기에 있어서 환기횟수 조절을 위해 정확한 풍량의 조절과 분배는 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다. 정확하지 못한 압력손실의 예측으로 인한 부적절한 팬의 선정은 곧바로 에너지의 낭비로 이어지거나 필요환기 횟수를 만족시키지 못하게 한다.

분배기는 그림 1에서와 같이 아파트의 천장 슬라브와 천장 마감재 사이의 공간에 설치가 가능하도록 한 환기용 덕트 피팅체이다. 이는 원형의 덕트로 연결하여 필요환기량을 만족시키면서 덕트 사이즈

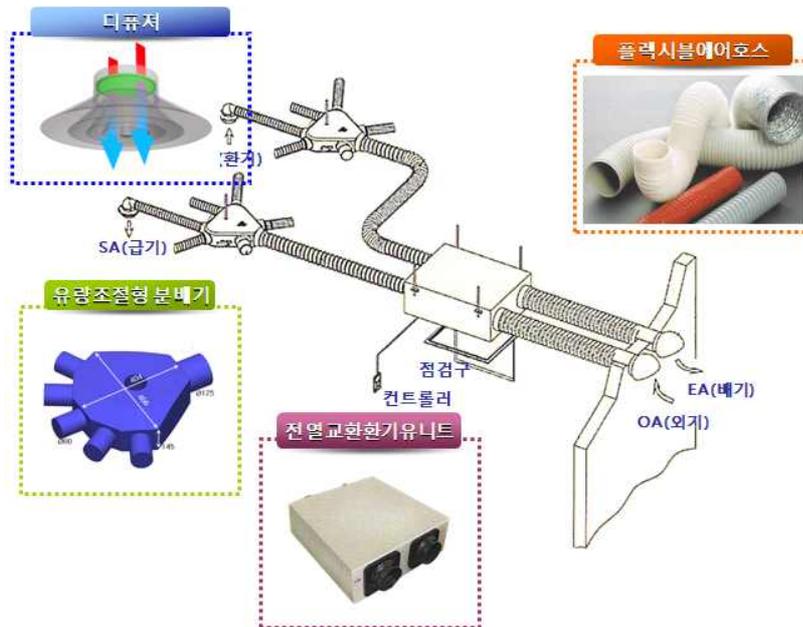


그림 1. 분배기와 에어호스를 이용한 주택용 환기덕트시스템 개념도

를 감소시켜 좁은 공간에 설치가 가능하도록 하며, 환기용 덕트의 설치공간을 최소화 시킬 수 있는 장점을 갖고 있다. 그러나 현재 개발되어 있는 분배기는 유량의 균등한 분배에 초점을 맞추어 개발되었기 때문에 분배기 본연의 목적인 덕트시스템에서의 압력손실 저감에 대한 고려가 미흡하다. 본 절에서는 분배기의 압력손실 저감방안을 파악하기 위해 기존 분배기에 대한 성능평가 결과를 통해 도출된 문제점 및 개선방안을 검토한다.

2.1 분배기의 풍량분배 실험 및 문제점 도출

아파트 등의 주거공간에서 덕트형 환기시스템의 적용 가능성이 활발히 검토되고 있는 시점에서 정확한 풍량 분배와 압력손실을 최소화하는 것은 매우 중요한 부분이라고 할 수 있다. 따라서 분배기의 각 분지관에서 공급되는 풍량의 비율과 압력 강하를 측정하여 풍량분배율 및 압력손실 정도를 파악하고자 하였다.

본 실험에서는 분배기의 각 분지관에서 공급되는 풍량의 비율과 압력 강하를 ‘KS B 6311 규격의 송풍기의 시험 및 검사 방법’에 의거하여 측정하였고, 그림 2는 검토대상으로 최근 현장에 적용중인 덕트 분배기의 종류를 나타낸다.

표 1에 나타난 분배기의 풍량 및 압력손실 측정 결과에 주목하면, 대체로 주관과 마주하고 있는 분지관에서 가장 많은 풍량이 도출되었고, 나머지 분지관에서는 거의 대칭적으로 균등한 비율로 도출되고 있음을 알 수 있다. 그러나 각 분지관을 통해 도출되는 풍량은 큰 차이를 보이지 않고 있으며, 이는 분배기 설계시에 각 분지관에서 최대한 균등한 풍량이 도출되도록 유도하고 있기 때문으로 사료된다.

또한, 도출풍량이 200CMH 임에도 불구하고 압력손실은 2.55mmAq 정도로 상대적으로 낮게 측정되어 일반 엘보 1개를 적용하는 것과 비슷한 수치임을 알 수 있다. 이는 향후 분배기를 공동주택 환기용 덕트시스템에 적용하는 경우 압력손실을 낮

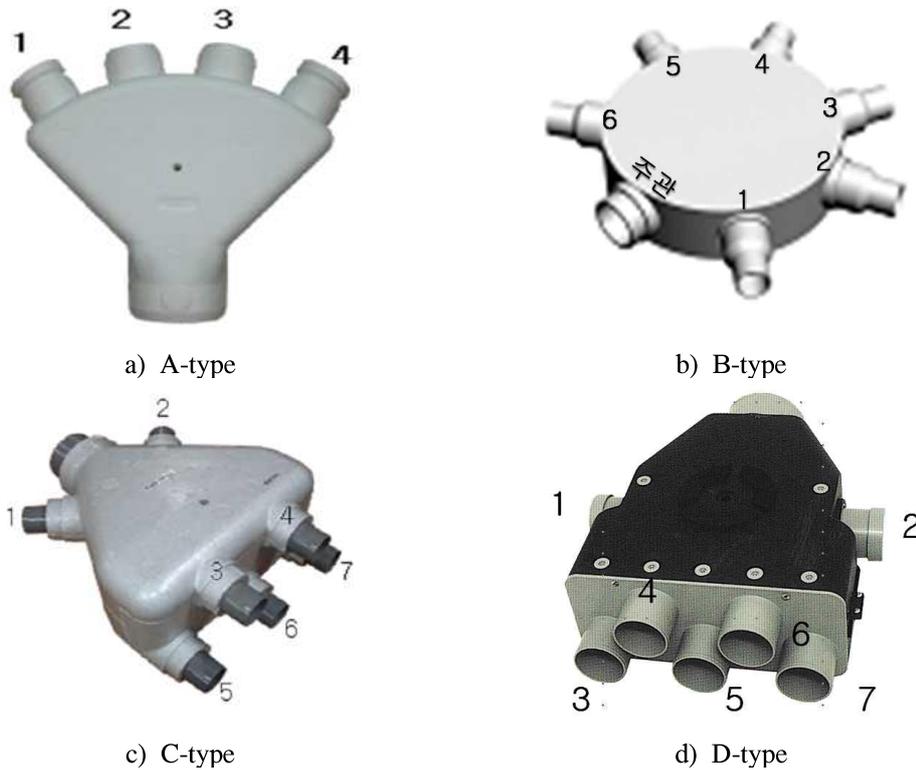


그림 2. 검토대상 분배기

추어 적절한 풍량공급과 팬에 가해지는 정압을 줄임으로서 환기장치 가동시 발생될 수 있는 소음 및 전력 사용량을 저감시킬 수 있을 것으로 사료된다. 풍량분배는 현장 적용시 분배기에서 결정되어지

는 사항이 아니라 덕트의 관경, 형상 및 길이 등 덕트시스템 전체에 의해 결정되므로, 환기용 덕트시스템에서 분배기의 적용 목적은 풍량분배보다는 압력손실 저감에 주목해야 한다.

표 1. 분배기 풍량분배 및 압력손실 실험결과

type	압력손실 (mmAq)	총풍량 (CMH)	분지관 취출 풍량(CMH)							비 고
			1	2	3	4	5	6	7	
A	2.52	201.2	41.2	61.1	57.7	41.2	-	-	-	
B	2.15	198.4	35.7	36.3	28.4	30.5	29.7	37.8	-	압력손실최소
C	2.33	199.1	23.2	22.7	34.5	33.5	28.7	33.6	22.9	
D	4.12	204.4	29.7	29.2	29.3	29.4	28.7	29.4	28.7	유량분배우수(담퍼有)

2.2 분배기의 내부형상 검토 및 문제점 도출

분배기의 최적안을 도출하기 위해 실험에서 가장 낮은 압력손실과 높은 압력손실을 나타내는 B-type과 D-type의 분배기에 대한 내부형상 검토를 실시하였고, 내부형상을 그림 3에 나타낸다.

D-type분배기는 풍량분배는 균등하게 나타나고 있으나 압력손실이 다른 분배기에 비해 높게 나타났는데, 이에 대한 원인을 분석해보면 우선 주관에 서 분지관으로의 관경 변화가 크게 나타났다.

B-type의 분배기는 주관이 $\text{Ø}150$ 이고 분지관이 $\text{Ø}100$ 로서 $\text{Ø}50$ 관경변화가 있는 반면, D-type분배기는 주관이 $\text{Ø}125$ 이고 분지관이 $\text{Ø}65$ 로서 $\text{Ø}60$ 관경변화와 다소 작은 분지관의 관경으로 인해 압력손실은 높게 나타난 것으로 사료된다. 추후 현장 적용시 $\text{Ø}65$ 분지관에 7~8m의 덕트가 부착될 경우 더 큰 압력손실이 예상되며, D-type의 경우 유량조절을 위한 댐퍼가 설치되어 있는데 이로 인해 추가적인 압력손실이 예상된다.

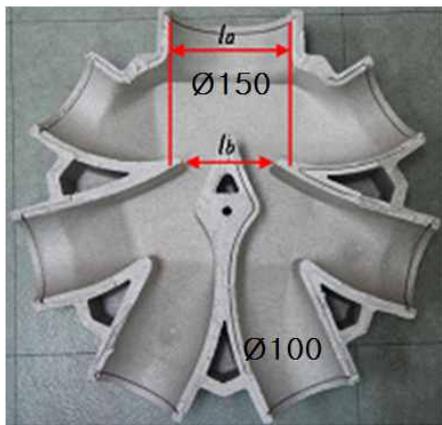
다른 한가지의 원인은 내부가 유선형이 아니라는 점이다. B-type분배기의 경우 내부유로에 의해 공기의 흐름을 유연하게 하고 유량분배와 압력손실을 최소화하는 구조인 반면, D-type분배기는 댐

퍼에 의해 유량분배를 조절하여 내부구조가 비교적 간소하게 보이지만 작은 원형의 구조물을 다수 설치하여 내부의 유로를 복잡하게 하고, 주관 반대편의 분지관이 설치된 부분도 비유선형으로 설계되어 압력손실의 증가를 가져오는 것으로 판단된다. 추후, 현장 적용시 유량조절을 위해 댐퍼를 조절할 경우 더 큰 압력손실이 예상된다.

2.3 분배기의 개선방안

실험을 통해 분석된 분배기들은 대체로 덕트시스템에서 압력손실을 저감시키고 고른 유량분배가 가능한 것으로 나타났다. 하지만 주거용 덕트시스템에서 덕트의 길이가 서로 다른 것을 감안할 때 분배기내에서의 균등한 유량분배는 큰 의미를 갖지 못한다.

실제 각 실에 일정한 풍량을 공급하기 위해서는 분배기 외에서 압력조절이 추가적으로 필요하기 때문에 압력손실을 저감시키기에는 다소 무리가 있다. 이에 전술한 문제점들을 보완하여 분배기의 개선방안을 제안하고 개선방안의 효과를 CFD 시뮬레이션을 실시하여 검토한 결과를 소개한다.



a) B-type분배기의 내부형상



b) D-type분배기의 내부형상

그림 3. 분배기의 내부형상 특징

2.2.1 저정압 분배기의 설계

분배기 성능평가 및 내부형상 분석 등을 토대로 다음과 같은 분배기 개선방안을 도출하였다.

- 주관과 분지관의 관경변화를 최소화 한다.
- 내부의 구조는 유선형으로 하되 별도의 구조물을 배제하여, 형상에 따른 압력손실을 최소화 한다.
- 유량의 조절은 분지관에 댐퍼를 설치하여 외부에서 조절한다.

상기의 내용 고려하여 개선 제안된 분배기는 주관은 $\varnothing 125$ 이고 분지관이 $\varnothing 80$ 로서 관경변화를 최소화하였고, 내부구조는 분배기 설치시 필요한 최소한의 구조물외에는 배제하고 형상에 의해 압력손실을 최소화 할 수 있는 구조로 하였으며, 이를 그림 4에 나타낸다.

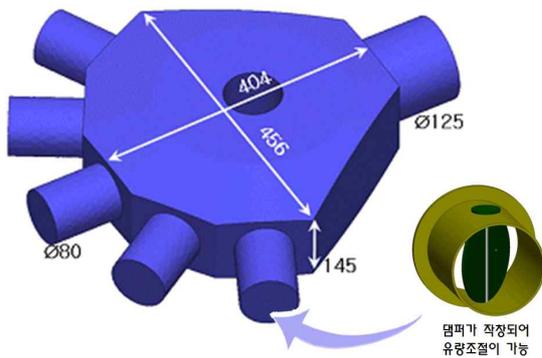


그림 4. 개선된 유량조절용 분배기 개념도

2.2.2 유량조절용 분배기 성능 검토

덕트시스템 등에서 유량분배를 해석하기 위해서는 1)실험을 통해 덕트 구간의 유량을 측정하는 방법, 2)1차원 Darcy-Weisbach 방정식을 이용한 T-method 시뮬레이션, 3)전산유체역학(CFD)을 이용하여 3차원 Navier-Stokes 방정식을 해석하는 방법 등이 있다.

실험적 방법은 실제 값을 얻을 수 있어 가장 신뢰할 수 있지만 많은 기간과 비용을 필요로 하며,

T-method 방법은 1차원 도구로써 비교적 간단히 예측 가능하지만 예측결과 신뢰성이 떨어진다. 이에 비해 CFD 시뮬레이션에 의한 방법은 실험보다 적은 시간과 비용으로 상세한 예측이 가능하며, 분배기 형상의 상세 검토 및 정확한 성능평가를 위해 CFD 시뮬레이션을 진행하였다.

그림 5의 결과에 주목하면, 분배기 내부에 추가적인 구조물을 설치하지 않고, 분배기의 형상만으로 비교적 고른 풍량분배가 이루어졌으며, 낮은 압력손실을 나타내고 있다. 그러나 필요한 풍량조절을 위해 분지관 단부에 댐퍼를 설치하여 유량을 조절하는 그림 4의 분배기를 적용하기 위해서는 현장 적용시 덕트길이가 가장 긴 분지관을 기준으로 나머지 분지관에도 원활히 댐퍼를 조절할 수 있는 매뉴얼이 필요하다. 이와 같은 매뉴얼이 마련될 경우, 유량조절용 분배기의 현장 적용성은 매우 높아질 것으로 기대된다.

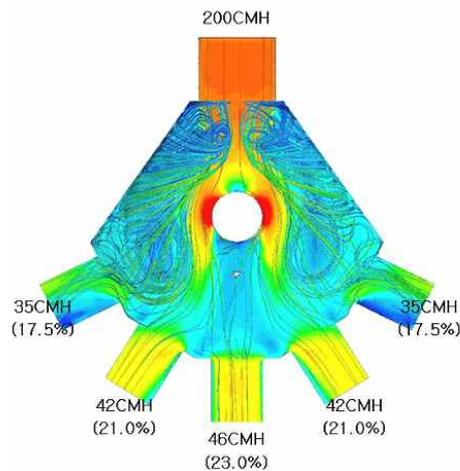


그림 5. 개선 분배기의 CFD 시뮬레이션 결과

3. 저정압 구조의 플렉시블 에어호스

아파트 등 주거공간의 협소한 천장 공간에 환기 덕트를 설치하기 위해 다양한 방안이 검토되어 에스펙트 비가 큰(덕트 높이를 줄이고 폭을 넓힘) 오

발덕트, 플랫덕트 등이 적용되고 있다. 하지만 이러한 덕트는 타 공정과의 간섭을 고려해야 하는 등 설치 용이성이 떨어지고, 스파이럴 등의 원형덕트에 비해 에스펙트비가 높아 압력손실이 매우 커질 위험성이 있다. 이러한 문제점들을 개선하기 위해 기존의 원형덕트와 같은 형상을 갖으면서 설치가 용이한 플렉시블 에어호스가 이용될 수 있다.

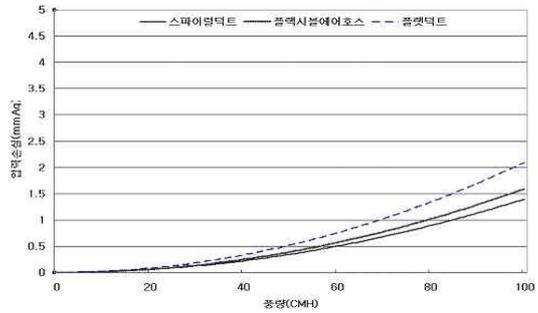
플렉시블 에어호스는 일반적인 호스를 공조용 덕트로 활용한 것으로 설치시 편리성과 현장 대응성이 뛰어나고, 강도를 높이기 위한 나선형심은 기존의 플렉시블 덕트와 달리 수축이나 벤딩시 주름이 생기지 않아 어떠한 조건에서도 내부형상 유지가 가능하여 압력손실의 저감이 가능해 진다. 그림 6에 플렉시블 에어호스의 샘플을 나타낸다.



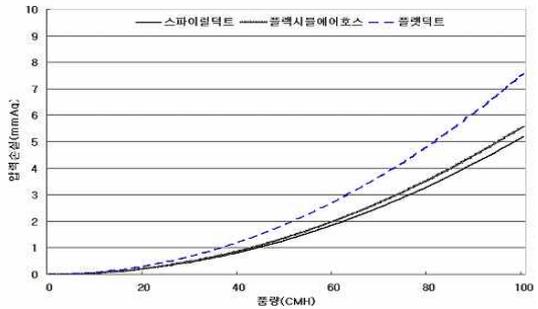
그림 6. 플렉시블에어호스

플렉시블 에어호스의 적용성을 검토하기 위해, 기존의 스파이럴 덕트와 플랫 덕트 그리고 플렉시블 에어호스에 대한 직관부에서 길이별 압력손실을 풍량변화에 따라 측정하여 성능을 비교·평가하였다. 성능평가는 플렉시블 에어호스와 스파이럴 덕트는 Ø80에 대하여 평가하고, 플랫덕트는 110×54mm에 대하여 실시하였고, 결과를 그림 7에 그래프로 나타낸다.

결과에 주목하면, 풍량변화에 따라 압력손실이 비례함을 알 수 있는데 이와 같은 현상은 풍량이 증가할수록 덕트별로 현저한 차이를 보이며, 이는



a) 덕트길이 3m의 성능결과



b) 덕트길이 10m의 성능결과

그림 7. 덕트별 풍량변화에 따른 압력손실 성능평가

덕트 길이별 결과에서도 동일한 경향을 나타냄을 알 수 있다. 압력손실은 플랫 덕트에서 10m일 때 7.6mmAq, 3m일 때는 2.1mmAq로 제일 크게 나타나고, 스파이럴 덕트는 10m일 때 5.2mmAq, 3m일 때는 1.4mmAq로 제일 낮게 나타났다. 플렉시블 에어호스는 스파이럴 덕트와 0.2~0.4mmAq 정도 높게 나타나지만 비교적 비슷한 경향을 보이고 있다. 이로 미루어 볼 때, 플렉시블 에어호스의 내부형상 유지가 잘되는 것으로 사료되며 이에 따라 압력손실도 스파이럴 덕트와 동일한 수준으로 나타나는 것으로 판단된다.

풍량변화에 따른 길이별 덕트의 압력손실 결과에서 덕트별로 큰 차이가 나타나고 있지는 않으나, 이 정도의 차이라도 실제 적용시에는 많은 영향을 줄 것으로 판단되며, 이로 인해 환기시스템의 장치 부하나 소음 및 환기량에 크게 영향을 미치게 될 것이다.



그림 8. 플렉시블 에어호스를 이용한 시공사례

플렉시블 에어호스의 적용성 검토의 일환으로 일반 덕트의 피팅재 엘보(elbow)에 해당하는 90° 굴곡에서의 압력손실 변화를 비교하였다. 대체로 스파이럴 덕트의 경우 Ø80일 때 풍량 100CMH에서 엘보 1개당 약 0.95mmAq의 압력손실이 발생하는데, 플렉시블 에어호스를 강제 90° 벤딩하여 측정 한 실험에서의 압력손실이 약 1.0mmAq로 비슷한 결과를 얻었다.

본 고에서는 플렉시블 에어호스의 정량적 성능 평가 부분만 언급하였으나, 실제 현장에서의 경제성, 적용성 및 작업성 측면을 생각하면 플렉시블 에어호스가 기존 주거용 환기덕트 방식의 문제점을 크게 개선시킬 수 있는 가능성이 높다고 판단된다.

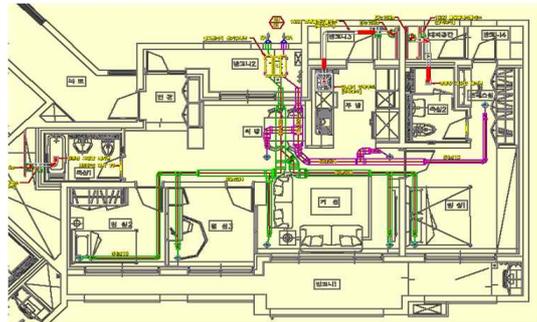
4. 분배기와 에어호스를 이용한 주택용 환기덕트시스템의 압력손실 저감 효과 검토

주택에서의 환기용 저정압 덕트시스템 제안을 위해 전술한 유량조절용 분배기 및 플렉시블 에어호스를 이용한 주택환기용 신덕트시스템을 제안하고 압력손실에 대한 저감효과를 검토하였다.

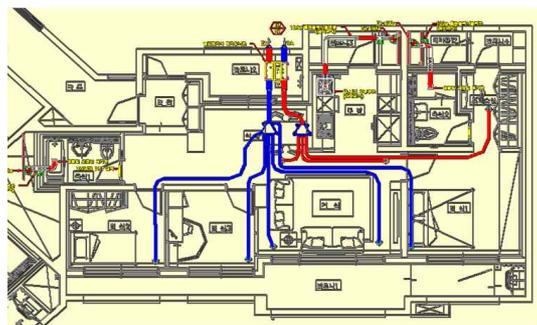
압력손실의 저감효과는, 그림 7에서 나타난 바와 같이, 플랫폼을 이용한 기존의 덕트시스템과 제안된 신덕트시스템에 대한 압력손실을 예측하여 비교하였다. 결과에 주목하면, 기존 덕트시스템에서는 23.2mmAq의 압력손실이 예측되었으며, 제안된 신덕트시스템에서는 압력손실이 15.7mmAq로

나타나 7.5mmAq의 차이를 보였다.

실제로 덕트시스템에서의 실측치와 다소 차이가 있을 수 있지만 이 정도의 압력손실 차이와 덕트설치시 작업의 편리성을 감안할 때, 신덕트시스템은



a) 기존 덕트시스템



b) 제안 덕트시스템

그림 9. 기존 덕트시스템과 제안 신덕트시스템의 비교

향후 주택용 고효율의 환기덕트시스템으로 충분한 가능성이 있다고 판단된다.

5. 결 론

현재 국내에서 적용되고 있는 덕트시스템은 크게 2~3 타입 정도로 분류되나, 대형오피스건물용의 덕트로 개발되어 있어 일반 주택으로 직접적인 적용이 어려운 실정이다. 국내의 경우 2006년부터 개정된 소방법이 시행됨에 따라 일반 관상형 아파트에도 200mm 내외의 천장매립공간이 확보되었으나 천정공간 내에 설치되는 스프링클러 및 각종 배관을 피하여 환기덕트를 설치해야 하며, 현실적으로는 타 공정과의 협의, 시공의 용이성, 압력손실 점감대책 등의 노력이 필요하다.

최적의 환기시스템은 우수한 환기장치 개발과 더불어 성능을 최대한 발휘할 수 있도록 시스템의 효율적인 설계가 이루어져야 한다. 하지만 국내 주거건물에서의 환기시스템은 환기장치(전열교환기)의 개발에만 치중되어 있으며, 덕트설계 및 시공방법에 대한 연구가 부족하여, 우수한 환기장치를 적용한다 하더라도 높은 성능을 발휘하지 못하는 경우가 많으며, 시공시에도 작업성도 떨어진다. 본고에서 소개한 유량조절형 분배기와 플렉시블 에어호스를 이용한 신덕트시스템은 주택용 환기시스템 적용에 있어 압력손실 저감과 시공의 용이성을 겸비한 새로운 덕트시스템으로 활발한 적용이 기대된다.

- 참고문헌 -

1. 최석용, 이정재, 주택용 환기시스템의 덕트설계를 위한 압력손실 실험과 T-Method의 적용타당성 검토, 대한건축학회 논문집, 2006.
2. 주성용, 김광현, 최석용, 이정재, 등압법과 T-Method법을 이용한 주택환기시스템 설계법의 비교실험, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2006.
3. 최진혁, 주성용, 이정재, 주택용 환기시스템의 덕트설계를 위한 분배기 적용성 검토, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2007.
4. 권용일, 안정현, 화장실 및 주방배기의 배기효율향상을 위해, 입상덕트에 적용되는 지능형 배기 제어 시스템, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2007.
5. 최진호, 김대웅, 임태섭, 홍구표, 김병선, 공동주택의 최적 환기효율을 위한 급배기 위치 평가, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2007.
6. 홍구표, 박철용, 임성재, 주방후드와 화장실배기 가동시 대상세대 환기량 측정, 대한설비공학회 동계학술발표대회 논문집, 2006.
7. 김욱, 박진철, 김남규, 조균형, 이연구, 외부 풍속에 따른 공동주택 환기시스템의 배기성능에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2006.
8. 김기훈, 이연구, 공동주택 환기시스템의 환기효율에 관한 연구, 대한설비공학회 동계발표대회 논문집, 2003.
9. Kimura Hiroshi, 번역 이상렬, 환기시스템에 의한 sick house 대책, 대한설비공학회지 설비저널 v.32 n.9, 2003.
10. KS B 6311(송풍기의 시험 및 검사방법).