

건축물 계단에서의 연돌효과 저감방안에 대한 현장실험 연구

출처 : 설비공학논문집, Vol. 27, No. 9, pp. 484-490
 저자 : 김정엽, 김지석, 이수각(한국건설기술연구원 화재안전연구소)

정재훈 / 편집인

호서대학교 건축토목환경공학부 건축공학전공(jungjh@hoseo.edu)

머리말

고층건물에서는 동절기에 계단이나 승강로와 같은 수직통로를 통해 연돌효과가 발생하여 거주환경과 에너지 및 방재 측면에서 악영향이 발생한다. 연돌효과가 심한 건물에서는 상층부 피난계단의 피난문이 열리지 않아 긴급한 상황에서 대피가 곤란할 수 있으며, 승강기가 오작동을 일으키기도 한다. 한편 연돌효과로 인해 동절기에 온도가 낮은 외부 공기가 저층부에서 건물 내로 침입하고 공조가 된 실내 공기가 상층부에서 외부로 유출됨으로써 난방

에너지의 5~10% 정도가 손실되는 것으로 평가되고 있다. 따라서 고층건물에서 에너지와 환경 성능의 개선을 위해 연돌효과 저감방안의 도출이 매우 필요하다.

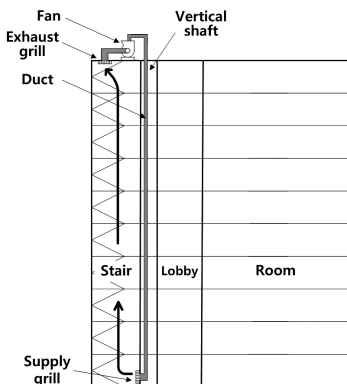
현재 고층건물에서 연돌효과를 제어하기 위해 많이 적용되는 있는 방법은 외벽의 기밀도를 높이고 방풍실을 설치하여 공기의 침투를 최소화하거나 이중문을 설치하여 실내 압력차를 분산시키는 건축적인 방식이다. 이러한 방식과 함께 연돌효과에 대한 능동적이고 정량적인 제어를 위한 설비적 방안을 검토할 필요가 있다.

본 연구에서는 수직 계단에 대하여 계단의 저층부에서 공기를 급기하고 고층부에서 계단의 외부로 공기를 배기함으로써 연돌효과를 저감하는 방안, 즉 그림 1과 같은 순환형 연돌효과 저감 시스템의 효과를 확인하기 위하여 실험과 수치해석을 실시하였다.

현장실험

현장실험 방법

본 연구에서는 연돌효과가 크게 발생하는 동절



[그림 1] 계단실의 연돌효과 저감 방안 개념도



기에 서울에 위치한 중규모의 빌딩을 대상으로 계단에서의 연돌효과 저감방안에 대한 현장실험을 수행하였다. 대상빌딩은 지상 10층, 지하 3층 규모로서 용도는 업무와 판매시설이고, 수직통로로는 피난계단 2기와 승강기 2기를 보유하고 있다. 1층 로비에 승강기 2기가 좌우로 위치하고 있고 승강기 측면에 피난계단이 설치되어 있다. 업무와 판매시설이 있는 각층은 승강기와 피난계단이 복도에 연결되어 있고 복도를 따라 사무실이 연결되어 있다.

본 연구에서는 대상빌딩의 피난계단 1기에 대하여 연돌효과 저감 실험장치와 각종 측정기기를 설치하였다. 대상건물의 피난계단은 10층에서 1계층을 올라가 옥상으로 통하게 되어 있으며, 실험에서는 옥상으로 통하는 피난문의 바로 앞에 있는 공간에 송풍기를 설치하였다. 송풍기의 출구에 일정 길이의 철재 덕트를 연결하였으며, 철재 덕트 끝단에 플렉시블 풍도로 연결한 후 플렉시블 풍도를 1층까지 수직으로 연장하여 설치하였다. 이와 같은 송풍경로를 설치함으로써 피난계단의 상부층에서 송풍기로 계단 내 공기를 배기하고 하부층에서 급기하는 시스템을 구성하였다.

실험 수행 시의 실내의 온도와 송풍 조건 및 송풍기의 가동으로 변하는 압력차를 측정하기 위하여 10층 복도에서 실내 온도, 옥상에서 실외 온도, 10층 계단실과 복도의 압력차 및 송풍기의 송풍량을 각각 측정하였다.

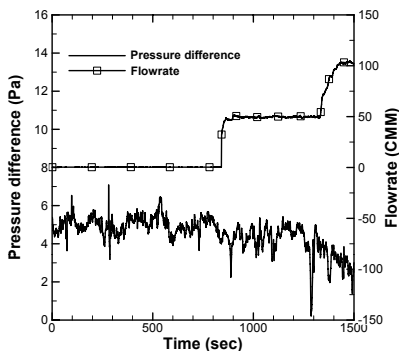
또한, 연돌효과 저감방안에 대한 현장실험은 우선 송풍기를 가동하지 않은 상태에서 자연적으로 연돌효과가 발생하는 조건으로 측정한 후, 송풍기를 가동하여 송풍량이 50 CMM과 100 CMM 정도로 형성되었을 때의 조건에서 실험을 수행하였다.

현장실험 결과

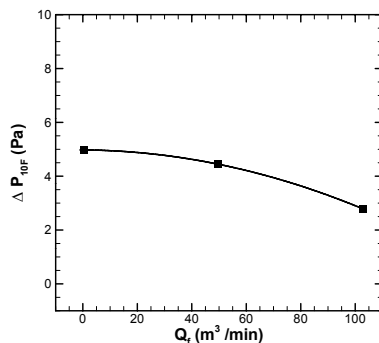
실험이 수행되는 시간 동안 계측된 평균 실내 온도는 약 13.2℃, 평균 실외 온도는 약 2.0℃로 실내의 온도차가 약 11.2℃였다.

그림 2는 실험시간에 따른 송풍기의 송풍량과 10층에서의 계단실-복도 간 압력차의 측정값을 보여주고 있다. 그림에서와같이 실험 초기에는 송풍기를 가동하지 않고 자연적인 연돌효과에 의해 생기는 압력차를 계측하였고, 840초 정도에 송풍기를 가동하여 송풍량을 약 50 CMM으로 유지하며 측정하였고 1,340초 정도에 송풍량을 약 100 CMM으로 상승시켜 측정하였다. 10층의 계단실과 복도 간 압력차는 시간에 따라 2~3 Pa 정도의 변동폭을 나타내는데, 중요한 점은 송풍기가 가동되고 송풍량이 증가함에 따라 10층의 계단실과 복도 간 압력차가 감소하는 방향으로 형성된다는 점이다.

그림 3은 그림 2의 실험결과에 대해 시간 평균치를 구해 도시한 것이다. 즉 그림 2의 실험결과에서 송풍량이 일정한 구간을 선정하고 각 구간에서 10층의 계단실과 복도 간 압력차에 대한 평균값을



[그림 2] 압력차와 송풍량의 변화



[그림 3] 송풍량에 따른 10층 계단실과 복도 간 압력차

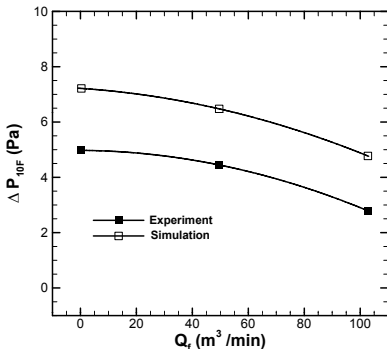
구한 결과이다. 그림과 같이 현장실험 대상 건물과 실험의 실내외 온도조건 하에서 연돌효과에 의해 발생하는 10층의 계단실-복도 간 압력차는 약 5.0 Pa이 된다. 한편 연돌효과 저감장치를 가동하여 송풍량이 50 CMM이 되면 압력차는 약 4.4 Pa이 되고, 송풍량이 100 CMM이 되면 약 2.8 Pa로 감소한다. 이 결과로부터 본 연구에서 제시하는 연돌효과 저감방안이 실제로 동절기에 고층건물에서 발생하는 연돌효과를 감소시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

수치해석

수치해석 방법

본 연구에서는 네트워크 모델을 기반으로 하는 수치해석적 방법을 이용하여 연돌효과 저감방안의 현장실험 조건에 대한 해석을 수행하고 실험결과와 비교하였다. 해석에는 미국 NIST에서 제작한 CONTAMW 3.1 프로그램을 사용하였다. 대상 건물의 모델링은 지하 3층부터 지상 10층까지 설계도면을 바탕으로 구성하였다.

해석을 위한 온도조건은 현장실험에서 구한 온도조건을 그대로 반영하였으며, 이에 따라 실내 온도는 13.2°C, 실외 온도는 2.0°C로 설정하였다. 또한, 송풍기가 가동하지 않을 때의 조건과 송풍기의 송풍량이 50 CMM, 100 CMM인 조건에 대하여 수치해석을 수행하였다.



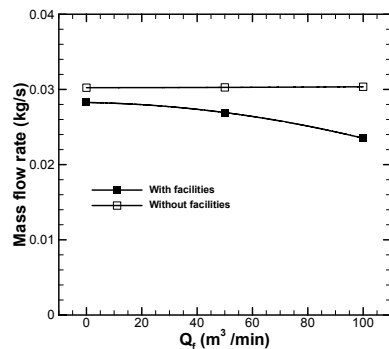
[그림 4] 실험값과 수치해석값의 비교

수치해석 결과

그림 4는 네트워크 모델을 사용한 수치해석 결과와 현장실험 결과를 비교하여 도시한 것으로서, 각 송풍기의 송풍량에 대하여 10층의 계단실과 복도 간 압력차를 보여주고 있다. 그림과 같이 수치해석 결과는 실험결과와 유사하게 송풍기의 송풍량이 증가함에 따라 압력차가 감소하고 있다. 각 송풍량에 대하여 수치해석 결과가 실험결과에 비해 2.0~2.2 Pa 정도 큰 것으로 나타났는데, 이는 현장실험과 수치해석의 조건들이 완벽하게 일치하지 않기 때문으로 판단된다. 실험과 수치해석 결과에 있어 일정 값의 차이가 발생하고 있으나, 실험과 수치해석의 그래프 경향이 상당히 일치하고 있는 점을 고려하면 본 연구에서 제시하고 있는 연돌효과 저감방안이 성능에 있어 타당성을 확보하는 것으로 판단되며, 향후 실제 건물에 대한 적용시 수치해석 기법을 사용한 설계가 진행될 수 있을 것이다.

한편 상기와 같은 네트워크 모델의 수치해석을 통해 해석대상 건물의 주요 부분에서의 공기 유출입 풍량과 압력 변화를 검토할 수 있다. 즉, 연돌효과에 의해 발생하는 유동·압력장 및 연돌효과 저감장치의 가동에 따른 효과를 전체적으로 분석하는 것이다.

그림 5는 1층에서 연돌효과 저감방안이 적용되지 않은 계단의 출입문 틈새의 공기 풍량과 연돌효과 저감방안이 적용된 계단의 출입문 틈새의 공기



[그림 5] 1층 계단 출입문 틈새의 공기풍량



풍량을 나타낸 것이다. 그림에서 X축은 연돌효과 저감방안의 송풍기 송풍량을 나타낸다. 그림과 같이 연돌효과 저감방안이 설치된 계단에서는 송풍기 송풍량이 증가할수록 출입문을 통한 공기풍량이 줄어드는 것을 알 수 있다. 한편 지하층을 포함한 대상 건물의 계단구조가 다르기 때문에 순수한 연돌효과 발생 시(송풍기 송풍량이 “0”인 조건) 두 계단에서의 출입문 틈새 공기풍량이 약간의 차이를 보이고 있다.

맺음말

본 연구에서는 급기와 배기를 이용하여 건축물 계단에서의 연돌효과를 저감시키는 순환형 연돌효과 저감방안에 대하여 현장실험을 통해 성능을 검토하고 네트워크 모델 기반의 수치해석 결과와 비교

하였다.

현장실험 대상건물과 실험의 실내외 온도조건 하에서 연돌효과에 의해 발생하는 10층의 계단실-복도 간 압력차는 약 5.0 Pa이었으나, 연돌효과 저감장치를 가동하여 송풍량이 50 CMM이 되면 압력차는 약 4.4 Pa, 100 CMM이 되면 약 2.8 Pa로 감소하였다.

수치해석 결과, 연돌효과 저감장치가 가동되고 있는 우측 계단실의 압력은 약 4.8 Pa로 형성되는데 비해, 장치가 설치되지 않는 좌측 계단실의 압력은 7.4 Pa로 나타나 연돌효과와의 감소를 확인할 수 있었다.

또한, 순환형 연돌효과 저감장치가 가동되면 연돌효과에 의해 발생하는 압력이 감소하고, 이에 따라 건축물과 외부 사이의 유출입 풍량도 감소함을 확인하였다. 