대한설비공학회 2009 하계학술발표대회 논문집 pp. 0300 ~ 0305

09-S-051

국소적 연돌효과 저감대책의 효용성에 관한 연구

서 정 민*, 임 현 우*, 이 준 호*, 이 중 훈**, 송 두 삼***†
*성균관대학교 대학원, **삼성물산 기술연구소 ***성균관대학교 건축공학과

A Study on the Usefulness of the Countermeasures locally for the stack-effect in High-rise building

Jung-Min Seo*, Hyun-Woo Lim*, June-Ho Lee*, Joong-Hoon Lee**, Doosam Song***†

ABSTRACT : High-rise buildings have some problems by stack effect. And, the solutions on the problems should be determined by considering an overall building. But, ordinarily, the countermeasures on the problems are applied to local part of the building. Local countermeasures often can be possible to arouse the secondary problems accompanied by the stack-effect. In this study, the usefulness of local countermeasures are evaluated in terms of both the reduction effect on problems and the possible secondary problems with simulations. The simulation results show that the application of countermeasures on an overall building is very important and that local countermeasures can be used optionally according to building's conditions.

Key words : Stack effect(연돌 효과), Countermeasure(대응 방안), Simulation(시뮬레이션)

1. 서론

최근 초고층건물의 건설이 증가함에 따라 연돌효과의 발생강도가 증대되고 이에 따른 각종 연돌효과문제 발생이 초고층건물의 주요한 해결과제로 대두되고 있다. 소음 및 강풍발생 등 거주쾌적성에 관련된 연돌효과문제는, 주거건물에 비해 평면구조가 단순한 고층의 오피스건물에서 상대적으로 많이 보고되고 있다. 따라서 연돌효과에 대한 대응책의 검토가 오피스건물을 대상으로 실시되는 사례가 많으며, 각종 대응책이 강구되어 적용되고 있다.

하지만, 대응책이 개소에 국한하여 검토되고 있는 사례가 대부분이어서, 제시된 대응책이 건물의 전체적인 측면에서의 개선효율이 미비하거나, 적용에 따른 2차적 문제가 발생되기도 한다.

따라서, 본 연구에서는 이와 같은 국소적인 연돌 대응책 적용에 따른 연돌효과 개선효과 및 2차적 문제 발생가능성 등에 대해 검토하여 보다 효율적인 대응방안의 구축방향을 제시하고자 한다.

이를 위해서 본 연구에서는 실제로 연돌효과의 문제가 보고되고 있는 건물을 대상으로 하여, 일반적으로 검토되고 있는 국소적 대응책의 적용효과를 시뮬레이션 해석기법을 이용하여 검토하고 있다.

2. 대상건물 및 시뮬레이션 개요

2.1 대상건물 개요

Figure 1은 대상건물의 단면을 나타낸다. 대상건물은 서울시에 위치하고 있는 S사 본사 건물로 지상 43층, 지하 8층 규모의 오피스 건물이다. 승객용 엘리베이터는 저층용(1층~19층), 중층용(19층~30층), 고층용(30층~42층)으로 분리되어 있으며 비상용 엘리베이터가 지하 8층에서 지상 43층까지 설치되어 있다. 그리고 로비층과 지하주차장을 연결하는 셔틀용 엘리베이터가 설치되어 있다.

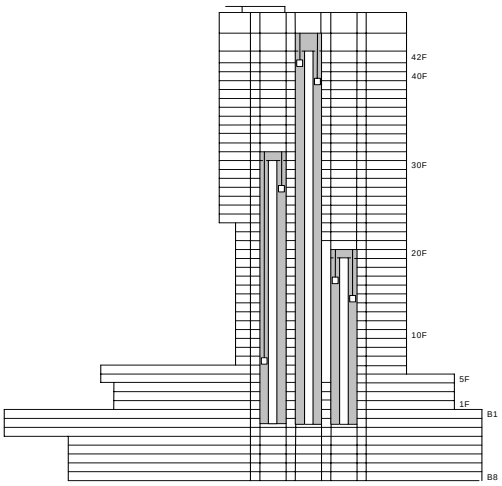
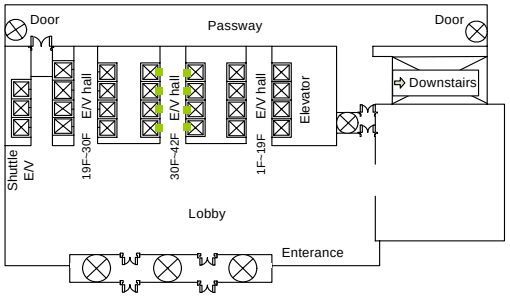
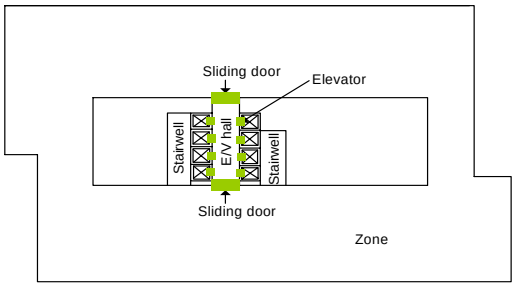


Fig. 1 Building layout



(a)Lobby plan



(b)42th floor plan

Fig. 2 Floor plan

Fig. 2는 주요한 문제발생층인 로비층과 42층의 평면을 나타낸다. 건물 입구를 통해 로비에 들어서면 정면에 고층형, 중층형, 저층형 엘리베이터가 위치해 있다. 각각은 엘리베이터홀을 중심으로 2개의 엘리베이터 샤프트로 구성되어 있다. 건물의 로비층 배측면에는 남북공공보행통로가 설치되어 있으며, 회전문 및 미닫이문을 통하여 실내측으로의 진입이 가능하다. 남북공공보행통로에는 건물외부로 나가는 회전문과 지하층으로 내려가는 에스컬레이터가 설치되어 있다. 42층의 엘리베이터 홀과 실내 존 사이에는 자동문이 설치되어 있다.

대상건물은 겨울철에 로비층과 42층을 중심으로 연돌효과문제가 발생하고 있다. 주요한 발생문제로는 소음 및 강풍 등을 들 수 있다. 특히 로비층의 고층형 엘리베이터홀에 있어서의 소음문제가 심각하게 나타나고 있으며, 혹한 시에는 엘리베이터 문의 오동작이 발생하기도 한다. 42층의 경우에는 엘리베이터 문 및 엘리베이터홀의 자동문에서 소음이 발생하고 있으며, 엘리베이터 문이 개방될 시에 강풍이 발생하고 있다.

따라서 대상건물에서는 주로 로비층과 42층을 대상으로 하여, 각종 국소적 연돌대책이 검토되었다.

2.2 시뮬레이션 개요

Table 1 Basic condition for the simulation

구분	내용
계단실	각 층에서 하나의 노드로 모델링, 각 노드가 상하로 연결
엘리베이터실	각 층에서 하나의 노드로 모델링, 각 노드가 상하로 연결
홀	하나의 존으로 모델링
내부구획	공기유동통로를 고려하여 간략화
대기압	1층을 표준대기압으로 설정, 높이에 따른 대기압 변동을 고려
온도설정	실내(사무공간, 홀 등) : 24℃(동계) 외기 : 2.5℃(동계) 지하주차장(비공조공간) : 15℃
누기면적	Contamw Library ASHRAE Data 기존 연구의 실측 Data(Tamura외)

Table 2 Air leakage data for the simulation

Flow Path	Air Leakage Date		참고
EXT-Wall	약 0.65㎠/㎡		기존연구 실측치
Revolving Door	73CMH at 50Pa		Pederson
Swing Door	430CMH at 50Pa		
Automatic Door	42㎠/item		ASHRAE
Sliding-Door	64㎠/item		
Double-Door	기존문	88㎠/item	
	가스켓 교체	64㎠/item	
Single-Door	70㎠/item		기존연구 실측치
ELEV-Door	325㎠/item		
Stairwell-Door	120㎠/item		

Table 1 및 2에 시뮬레이션의 기본입력조건 및 건물 각부의 누기면적 입력조건을 나타낸다. 대상건물의 실내공간을 크게 계단실, 엘리베이터실, 홀, 실내존으로 나누고 실내존의 내부구획은 간략화 하였다. 실내온도는 24℃, 외기온도는 2.5℃로 설정하였다. 건물 외벽의 누기면적은 기존연구의 실측치를 이용하여 설정 하였으며, 각종 문의 누기면적은 기존문헌 참조하거나 기존연구에서 실측한 데이터를 사용하였다.

Table 3 Simulation Cases

Case	내 용
Case1	기본안
로비층 대책안	
Case2	로비층 엘리베이터홀 공기를 남북공공보행통로로 강제배기할 경우 -강제배기 배기량 : 5,000 CMH(가정)
	개선목표 : 로비층에 유입된 공기를 다른 실로 보내어 로비층 압력차 저감
Case3	1층 공조급기량을 줄여 감압시 -평소 대상건물 로비층의 공조 급배기량은 급기량이 배기량보다 큼 • 1층 공조급기량 : 70,000 CMH • 1층 공조배기량 : 61,000 CMH -감압시 급배기비율 조정 후 시뮬레이션 입력데이터 • 1층 공조급기량 : 70,000 CMH • 1층 공조배기량 : 89,740 CMH (평소 급기/배기 비율을 100:78에서 100:100으로 조정한 효과)
	개선목표 : 공조설비를 통해 로비층을 감압함으로써 로비층과 로비층 엘리베이터 샤프트 간에 압력차를 줄임
Case4	1층 로비층 엘리베이터 홀 입구에 출입문을 추가로 설치하는 경우(42층 엘리베이터 홀문과 동일한 누기면적 적용)
	개선목표 : 로비층 엘리베이터 홀 앞에 구획을 설치하여 엘리베이터 문에 걸리는 압력을 분담
42층 대책안	
Case5	39~42층 엘리베이터홀 급기량을 증가할 경우(10%가압) -엘리베이터 홀 공조량을 1000CMH로 가정하고 10%에 해당하는 100CMH를 각 층별로 가압함
	개선목표 : 42층 홀공간을 가압하여 엘리베이터에 작용하는 압력차를 줄임
Case6	고층용 E/V 샤프트 내 공기를 23F 기계실로 배기하는 방안 -23F에서 E/V샤프트와 23F기계실사이에 압력차에 의해 공기이동이 가능하도록 덕트 모델링(덕트 직경 : 300mm)
	개선목표 : 엘리베이터 샤프트를 통해 42층으로 이동하는 공기의 일부를 중간층에서 배기하여 공기이동량을 줄임

Table 3은 시뮬레이션 검토케이스를 나타낸다. Case2부터 Case4까지는 로비층을 대상으로 하는 대책방안이며, Case5부터 Case6까지는 고층부(42층)을 대상으로 하는 대책방안이다. 각각의 대책방안에 대한 적용특성은 대책이 적용되지 않은 Case1의 기본안과 비교하는 방법으로 검토된다. Table 3에는 각 대책방안에 대한 주요 개선목표가 설명되어 있다.

3. 대책방안 별 검토 결과

3.1 기본안에 대한 시뮬레이션 결과

Figure 3에 기본안에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 로비층 엘리베이터 문에 작용하는 압력차는 약 27.8Pa이며, 고층부 엘리베이터 문 및 엘리베이터홀 자동문에 작용하는 압력차는 각각 약 0.6Pa과 약 63.9Pa로 대부분의 압력이 엘리베이터홀 자동문에 작용하고 있다.

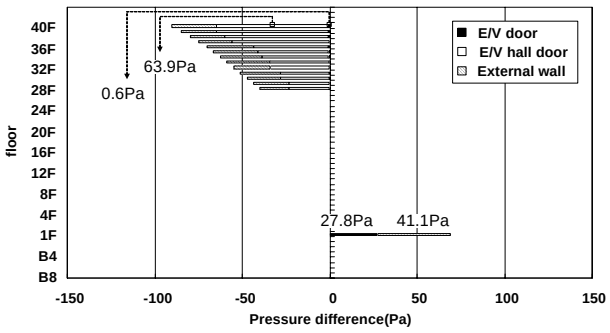


Fig. 3 Simulation result(Case1)

3.2 로비층에 대한 대책방안의 적용특성

1) 로비층 공기를 남북공공보행통로로 강제배기(Case2)

Case2에 대한 검토결과를 Fig. 4 및 5에 나타낸다. Table 3의 개선목표대로 로비층 엘리베이터 문에 작용하는 압력차는 기본안에 비해 약 14% 감소하는 것으로 나타난다. 그러나, 로비에서 남북보행통로로 배기된 공기의 대부분은 지하층 공간으로 이동하고 있으나, 일부 공기가 부출입문을 통해 로비로 다시 재유입되는 현상이 발생하고 있다. 또한 로비가 감압되기 때문에 현관 출입문을 통한 외기유입량은 약 14.6% 증가한다.

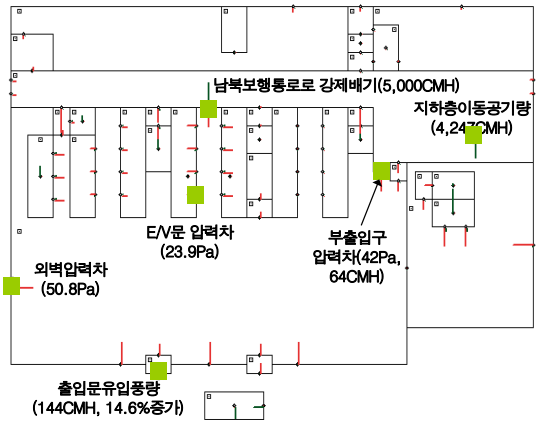


Fig. 4 Simulation result about forcing air exhaust(Case2)

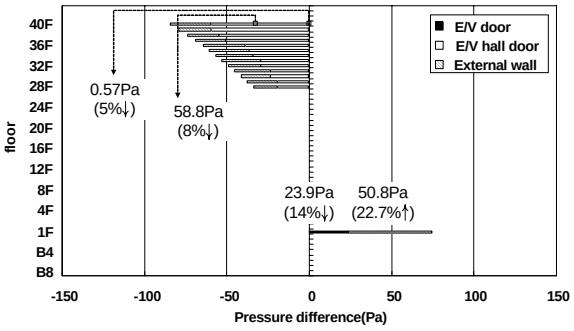


Fig. 5 Simulation result about forcing air exhaust(Case2)

한편, 고층부의 경우에는 로비층 감압에 따라 중성대가 상승하여 엘리베이터 문의 압력차가 약 5% 감소하고 있으며, 엘리베이터홀 자동에서는 압력차가 약 8% 감소하고 있다.

2) 로비공간 공조감압(Case3)

Case3에 대한 검토결과를 Fig. 6에 나타낸다. Table 3의 개선목표대로 로비층 엘리베이터 문에 작용하는 압력차는 약 23.9Pa로 기본안에 비해 약 43.3% 감소하고 있다. 그러나, 로비가 감압되기 때문에 로비 외벽에 작용하는 압력차는 기본안에 비해 약 131.9% 증가하고 있으며, 로비층 현관 출입문에서의 문제발생 가능성이 증대될 것으로 판단된다. 한편, 고층부의 경우에는 로비층 감압에 따라 중성대가 상승하여 엘리베이터 문의 압력차가 기본안에 비해 약 43.3% 감소하는 등의 효과가 나타나고 있다.

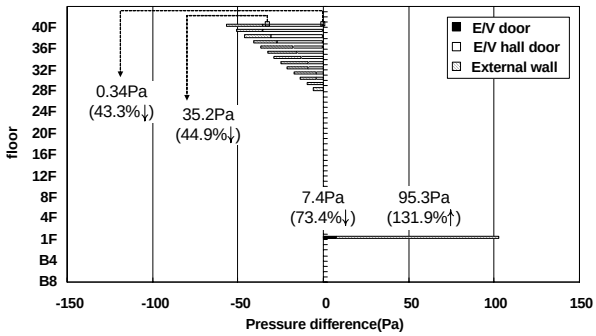


Fig. 6 Simulation result about decompression in the lobby(Case3)

3) 로비층과 엘리베이터문 사이에 구획 추가(Case4)

Case4에 대한 검토결과를 Fig. 7에 나타낸다. Table 3의 개선목표대로 로비층 엘리베이터홀 전면의 추가구획이 엘리베이터 문 및 외피에 작용하는 압력을 분담하여, 로비층 엘리베이터 문에 작용하는 압력차가 약 99.3% 그리고 로비 외벽에 작용하는 압력차가 약 54.5% 감소하고 있다. 한편, 고층부의 경우에도 로비층 추가구획에 의해 중성대가 상승하여 고층부 엘리베이터 문과 엘리베이터홀 자동문의 압력차가 감소하고 있다.

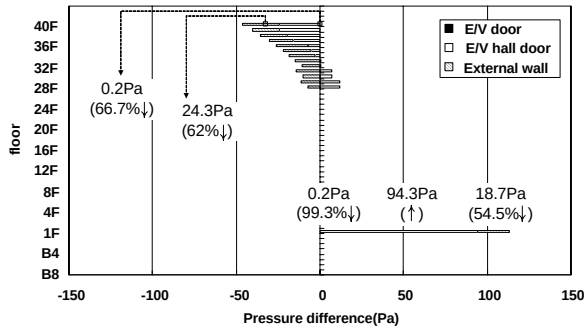


Fig. 7 Simulation result about additional partition in the lobby(Case4)

3.3 42층에 대한 대책방안의 적용특성

1) 39~42층 엘리베이터홀 가압(Case5)

Case5에 대한 검토결과를 Fig. 8 및 9에 나타낸다. 39~42층의 엘리베이터홀에 대하여 기존급기량을 약 10%정도 증가시켜 가압하는 방법으로, Table 3의 개선목표대로 고층부 엘리베이터 문에 작용하는 압력차는 약 31.7% 감소하고 있다. 엘

리베이터 문의 풍량변화를 나타내는 Fig. 9에서도 엘리베이터홀 가압에 의해 42층의 엘리베이터 문의 통과풍량이 기본안에 비해 약 23.9% 감소하고 있다.

그러나, 엘리베이터홀의 절대압력이 증가되어 엘리베이터홀 자동문의 압력차가 약 4.2% 증가하고 있다. 한편, 로비층의 경우에는 중성대 하강으로 인하여 엘리베이터 문의 통과풍량이 약 4.8% 감소하고 있으며 압력차는 약 7.5% 감소하고 있다.

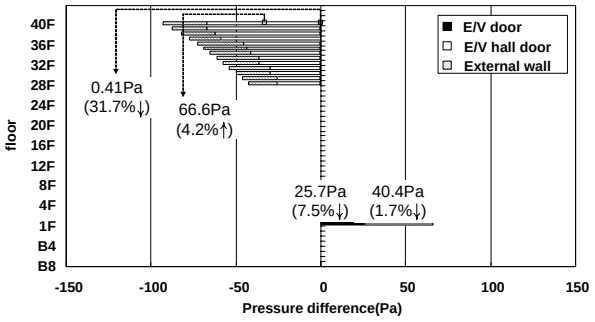


Fig. 8 Simulation result about compression at the E/V hall from 39th~42th floor(Case5)

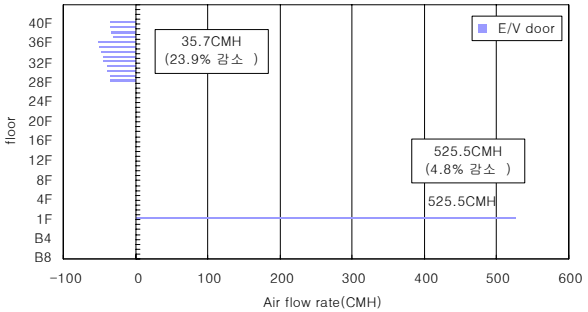


Fig. 9 Simulation result about the change of air rate at the E/V door(Case5)

2) 고층용 E/V 샤프트 내 공기를 23층 기계실로 배기

Figure10에 건물의 중간층에서 샤프트 내부공기를 배기하는 개념도를 나타낸다. Fig. 11에는 Case6에 대한 검토결과를 나타낸다.

Figure10의 개념도는 로비층의 공기가 엘리베이터 수직샤프트를 통해 고층부 엘리베이터홀로 이동하는 모습과 수직샤프트 중간에 배기덕트를 설치하여 고층부로 이동하는 공기의 일부를 밖으로 배출시키는 모습을 나타내고 있다.

Fig. 11에서, Table 3의 개선목표대로 고층부 엘리베이터 문과 홀 문의 압력차는 감소하는 것으로 나타나고 있다. 그러나, 중성대의 상승으로 인해서 로비층 엘리베이터 문의 압력차는 오히려 증가하고 있다.

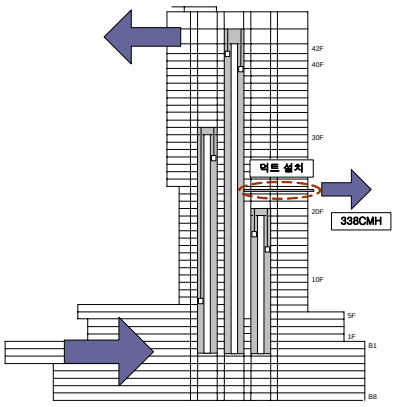


Fig. 10 Concept of the exhaust on the 23th floor

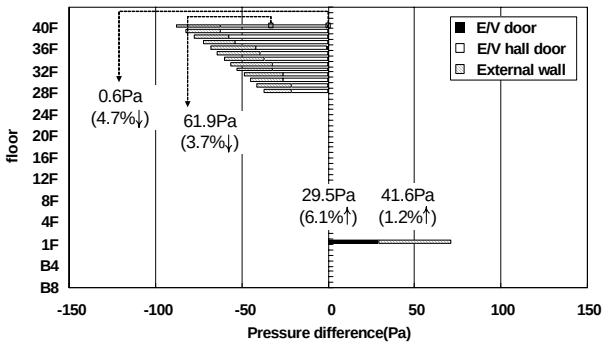


Fig. 11 Simulation result of the natural exhaust on the 23th floor(Case6)

4. 결 론

본 연구에서는 연돌효과문제가 발생하고 있는 실제건물을 대상으로, 문제에 대한 대응책으로 검토되고 있는 각종의 국소적 연돌효과 대책방안의 적용특성에 대하여 시뮬레이션 이용하여 검토하였다. 주요한 검토결과를 아래와 같다.

1) 문제의 발생부분에 대한 개선을 목표로 하여 검토되는 국소적 측면의 연돌효과 대책방안은, 중성대의 이동 및 인위적인 구획 간 작용압력분포의 변화 등이 원인이 되어 대부분의 경우

에 대책적용에 따른 2차적인 문제가 발생하는 것으로 확인되었다. 2차적 문제발생을 최소화하기 위해서는 건물전체의 유기적 관계를 고려한 대책방안의 검토가 중요할 것으로 판단된다.

2) 국소적 연돌효과 대책방안을 적용하는 경우에는, 압력분포의 변동 등에 따른 2차적 문제의 발생개소 및 발생정도 그리고 해당건물의 주요 개선목표(건물의 상황) 등을 고려한 대책방안의 선정이 중요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Park, D. R., Lim, H. W., Lee, J. H., Song, D. S., 2007, A Study on the Reduction Strategies of Stack Effect in High-rise Residential Buildings by Network Simulation, and Shaft Cooling Method, Proceedings of the AIK, pp.773-776.
2. Park, D. R., Lim, H. W., Lee, J. H., Song, D. S., 2007, A Control Method of E/V Shaft Cooling System for Reduction of Stack effect, SB07 Seoul Conference, pp.531-538.
3. Park, D. R., Lee, J. H., Song, D. S., 2008, A Study on the Reduction Strategies of Stack Effect in High-rise Residential Buildings, Proceedings of the KIAEBS, pp.75-78.
4. Jo, J. H., 2005, Prediction of pressure distribution due to stack effect in high-rise residential buildings and evaluation of its impact , Ph. D. thesis, Seoul University, Seoul, Korea.
5. Tamura, G. T., Wilson,A.G., Pressure differences caused by chimney effect in three high buildings, ASHRAE Transactions Vol. 73, part2, 1967.
6. Tamblyn, R. T., HVAC System effects for tall buildings, ASHRAE Transactions Vol. 99, part 2, 1993.
7. Lovatt, J. E., Stack effect in tall buildings. ASHRAE Transactions Vol. 100, part 2, 1994.
8. Hayakawa, S. and Togari, S., Study on the stack effect of tall office building(part1), Jounal of Architectural Institute of Japan, Vol. 387, 1988.
9. ASHRAE, ASHRAE guide and data book-fundamentals and equipment, American Society of Heating, Refrigerating, and Air- Conditioning Engineers, Inc., Chapter 26, 2001.
10. Tamura, G. T., Smoke movement and control in high-rise buildings, National Fire Protection Association, 1994.