

# 고층건물에서 로비층의 평면형태가 연돌효과에 미치는 영향

이 준 호, 임 현 우, 서 정 민, 이 중 훈\*, 송 두 삼\*\*†

성균관대학교 대학원, 삼성물산 기술연구소\*, 성균관대학교 건축공학과\*\*

## Effect of the a floor plan of lobby floor for the Stack Effect in a High-rise Building

June-Ho Lee, Hyun Woo Lim, Jungmin Seo, Lee, Joonghoon\*, Song, Doo-sam\*\*†

Graduate School, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

\*23rd Fl., Samsung C&T Corp. Bldg. 1321-20, Seocho-2Dong, Seocho-Gu, Seoul, 270-1, Korea

\*\*Department of Architectural Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon 440-746, Korea

**ABSTRACT:** Many kinds of problems by stack effect occur in the high-rise buildings that have the simple plan on the first floor designed only by an external wall and an E/V shaft wall. Therefore, some buildings in the foreign countries has made the additional inside walls between lobby and E/V hall as a countermeasure on stack effect. An additional wall in the lobby is very useful countermeasure on stack problems because lobby is a main airflow path in the building. Decreasing effect on stack problems by an additional wall of lobby is reported in this study. An ordinary office building that has a simple lobby plan is simulated and measured in this study. The results show that characteristics on stack effect are changed by methods of applying additional walls and that alternations of countermeasures which building conditions like the kinds of problems and the problem's velocity etc. are considered are very important.

**Key words:** high-rise office building, stack effect, simulation, field measurement

---

### 키 호 실 령

$F_{j,i}$  : 존 J와 I 사이의 공기유동률[kg/s]

$V_i$  : 존 i의 용적, [m<sup>3</sup>]

$m_i$  : 존 i에서의 공기질량, [kg]

$T_i$  : 존 i에서의 절대온도, [K]

$R$  : 기체상수 287.055 [j/kgK]

### 1. 서 론

오늘날 인구의 증가와 건설기술의 발달로 건물은 점차 고층화, 고급화가 급속하게 전개되고 있다. 건물의 고층화는 기존에 경험하지 못한 새로운 문제들을 야기하고 있는데 그 대표적인 것이 연돌효과(Stack effect)이다.

연돌효과는 공기의 밀도차로 인한 공기유동 현상을 지칭하는 것으로 고층건물의 경우 엘리베이터 샤프트와 같은 수직통로를 통해 상승류가 발생하며 건물 내외부 온도차(밀도차)가 큰 겨울철에 주로 나타난다. 즉 연돌효과는 실내외 온도차가 크면 클수록, 건물의 높이가 높으면 높을수록 그 크기가 커지는 특성을 가진다. 연돌효과에 따른 공기유동은 수직샤프트와 외기 간의 압

---

† Corresponding author

Tel.: +82-2-554-8571; fax: +82-2-568-7853

E-mail address: hvac@sarek.or.kr

력차가 제로가 되는 중성대를 기점으로 중성대 상부에서는 수직샤프트에서 외기로 공기가 유출되며, 중성대 하부에서는 외기에서 수직샤프트로 공기가 유입되는 현상을 보인다. 특히 지하층 및 로비층의 경우, 출입이 빈번한 점, 기준층 외피에 비해 상대적으로 기밀성이 떨어지는 점 등으로 인해 외부로부터 실내로의 공기유입이 현저하게 이루어지는 지점이다. 따라서 일반적으로 지하층 및 로비층 출입문의 경우, 방풍실, 회전문 등을 설치하여 개폐에 따른 공기유입을 최소화하고 있다. 그러나 건물이 고층화되어 수직상승류가 커지게 되면 종래의 방풍실, 회전문으로는 연돌효과에 따른 공기유입을 차단하기에는 한계를 가지게 된다. 이 경우 방풍실 및 회전문의 경우, 공기유입을 차단하는 역할보다는 도어에 걸리는 압력을 분담하여 개폐를 용이하게 하거나 통행에 따른 도어의 개구면적 변동을 최소화 하는 역할을 하게 된다. 따라서 건물이 고층화 될 경우에는 저층부 및 로비층에서의 공기유입을 적극적으로 차단할 수 있는 대책이 반드시 검토되어야 한다.

이에 고층건물의 연돌대책에 대해 많은 검토 사례가 있는 일본의 경우, 로비층에 적극적인 추가구획을 통해 외기의 실내로의 유입을 최소화하고 있다. 그 사례로 일본 동경 롯본기소재의 모리빌딩의 경우, 겨울철에 간헐적으로 연돌효과가 발생함에 따라 이에 대한 대책의 일환으로 로비층 제1출입구에서 엘리베이터 홀에 이르기까지 3단계의 구획을 채용하여 연돌효과에 따른 문제의 일부를 해결한 바 있다(Fig. 1, 2 참고).



Fig. 1 외부에서 로비층 E/V 홀까지의 3단계 구획 평면



Fig. 2 롯본기모리빌딩 로비층 코아 입구문 구획



Fig. 3 미쓰이타워 로비층 E/V홀의 추가구획

비교적 최근에 건설된 동경 미쓰이타워(지상 39층, 지하4층)의 경우도 Fig. 3과 같이 로비층에 방풍실(스윙도어+자동문)을 설치함은 물론 엘리베이터 홀 입구에 별도의 구획을 추가하여 엘리베이터 홀에의 공기유입을 적극적으로 차단하고 있다. 그러나 최근 국내에서 건설되고 있는 고층건물의 경우, 통행상의 문제, 인테리어측면을 고려하여 로비층에서 구획이 회전문을 제외하고는 거의 부재한 형태로 계획되고 있다.

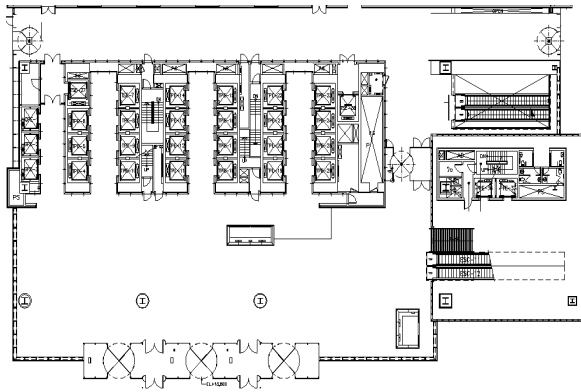
결과적으로 외피와 수직샤프트 구획만으로 구성된 단순화된 로비층의 평면형태로 인하여 고층건물에서 연돌효과를 더욱 심화시키는 결과를 초래하고 있다.

이에 본 연구에서는 고층형 오피스건물에 대해 로비층에서 추가구획이 연돌효과에 미치는 영향에 대해 검토하였다. 검토 대상건물은 국내의 일반적인 오피스건물이며, 먼저 시뮬레이션을 통해 대상건물 로비층 E/V홀에 추가구획을 실시한 경우의 로비층 각 구획의 압력분포, 공기유입량, 건물 전체에 대한 영향 등을 검토하였다. 아울러

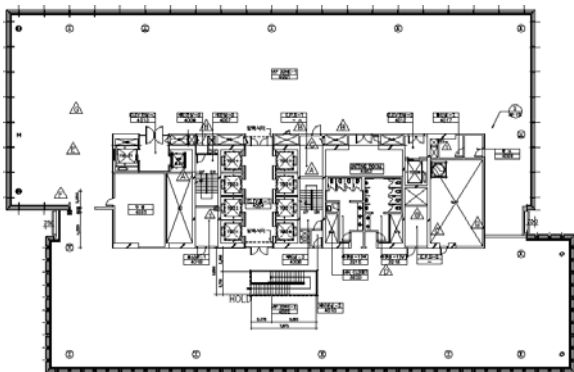
시뮬레이션 결과를 바탕으로 대상건물 로비층 E/V홀에 실제 추가구획을 설치하는 실증실험을 통해 추가구획이 연돌효과에 미치는 영향을 정량적으로 검토하였다.

## 2. 검토대상 건물의 개요

검토대상 건물은 서울시 서초구 서초동에 위치한 지상 43층, 지하 8층, 연면적 197,428m<sup>2</sup> 규모의 오피스건물이다. 본 건물에는 지상 1층~6층 포디움으로 구성되어 있으며, 비상용, 화물용 그리고 셔틀용 E/V가 설치되어 있다. 승객용 E/V는 저층용(1층~19층), 중층용(19층~30층), 고층부(30층~42층)으로 분리 운영된다. 비상용과 화물용 E/V는 전 층으로 운행되며, 셔틀용 E/V는 지하주차장(지하 7층~5층)과 1층 사이에서 운행된다. 대상건물의 1층과 기준층의 평면을 Fig.4에 나타내며 대상건물의 단면을 Fig.5에 나타낸다.



(a) 1F 평면도



(b) 42F 평면도  
Fig. 4 평면도

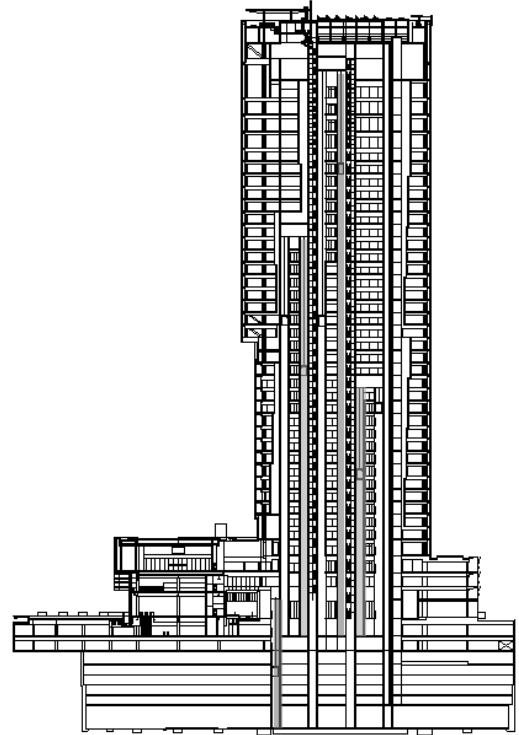


Fig. 5 단면도

## 3. 시뮬레이션을 통한 로비층 추가구획의 효과 검토

### 3.1 시뮬레이션의 개요

대상건물의 연돌효과 규명을 위한 방법으로 본 연구에서는 네트워크 시뮬레이션인 CONTAMW가 사용되었다. 대상공간과 같이 검토지점이 많은 경우 네트워크 시뮬레이션 기법을 이용하여 많은 지점에 대해 동시에 각 지점(node)의 공기특성(압력분포, 온도 등)이나 각 지점간의 공기유동량을 용의하게 예측 할 수 있다. 네트워크 모델의 공기유동 해석은 다음의 알고리즘을 따른다.

$$F_{j,i} = f(P_j - P_i) \quad (1)$$

여기서, 공기질량이 이상기체법칙을 따른다고 가정하면 다음과 같은 식을 도출할 수 있다.

$$m_i = \rho_i V_i = \frac{P_i V_i}{RT_i} \quad (2)$$

시간(t)에 따른 비정상상태의 유동은 질량보존의 법칙에 의하여 다음과 같다.

$$\frac{\partial m_i}{\partial t} = \rho_i \frac{\partial V_i}{\partial t} = \sum_j F_{j,i} + F_i \quad (3)$$

시뮬레이션을 위한 기본적인 건물내외부 조건은 Table1과 같다. 실내 설정온도는 24℃로 하였으며 외기조건은 기밀성 실측당시의 온도인 25℃를 적용하였다. Table2에는 검토 케이스를 나타낸다.

Table 1. 시뮬레이션 조건

구분	내용
온도설정	실내(사무공간, 홀 등) : 24℃ (동계)
	외기 : 25℃ (동계)
	지하주차장(비공조공간) : 15℃
누기면적	CONTAMW Library, ASHRAE Data, 대상건물 실측 Data

Table 2. 시뮬레이션 검토 케이스

Case	내용
Case 1	차단 전
Case 2	로비층 고층부 E/V홀 차단 후
Case 3	로비층 고,중,저층부 E/V홀 차단 후

### 3.2 시뮬레이션 결과

시뮬레이션 결과를 Fig.6 ~ Fig.8에 나타낸다. Fig.6은 로비층 E/V홀 추가구획에 따른 E/V도어에 작용하는 압력차를 나타내고 있으며, Fig.7은 각 E/V shaft로의 공기유입량의 상대비율을 Case1을 기준으로 나타낸다. Fig.8에서는 로비층 E/V홀 추가구획에 따른 로비층의 외피 및 복층 출입구에 작용하는 압력차를 나타낸다.

Fig.6에서, 로비층 E/V홀 추가구획이 되지 않은 Case1의 경우에 1층의 각 E/V 도어에 작용하는 압력차는 고층부에서 55.8[Pa], 중층부에서 25.1[Pa], 저층부에서 10[Pa]로 나타났다. 이에 대하여 1층 고층부 E/V홀 입구에 추가구획을 설치한 Case2에서는 고층부에서 38.9[Pa], 중층부에서 27.5[Pa], 저층부에서 13.4[Pa]로 나타났으며, 1층의 전체 E/V홀 입구에 추가구획을 설치한 Case3에서는 고층부에서 39.0[Pa], 중층부에서 19.1[Pa], 저층부에서 6.2[Pa]로 나타났다. 위의 결과에서 고층부 E/V홀에 구획이 추가된 Case2의 경우,

고층부 E/V도어에 작용하는 압력차는 감소하였으나 구획이 설치되지 않은 중층부 및 저층부의 E/V도어에 작용하는 압력은 증가하는 결과를 초래하고 있다. 즉 문제 개소에 구획을 추가하는 종래의 건축계획적 방법에서 나타나는 압력전이의 문제가 여기에서도 나타나고 있다. 고층부 및 중층부, 저층부 E/V홀에 대해서도 구획을 추가한 Case3의 경우, 모든 E/V도어에 작용하는 압력차 감소하는 결과가 나타났다.

Case3에서는 모든 E/V홀을 대상으로 구획이 설치되었기 때문에 압력전이가 최소화되어 전체적인으로 압력차가 감소되었다.

Case2와 Case3에 대하여 고층부의 E/V도어에서의 압력차 변화를 비교해 보면, 고층부 E/V홀에 대해서만 구획을 추가한 Case2의 경우가 저감 효과가 크게 나타났다.

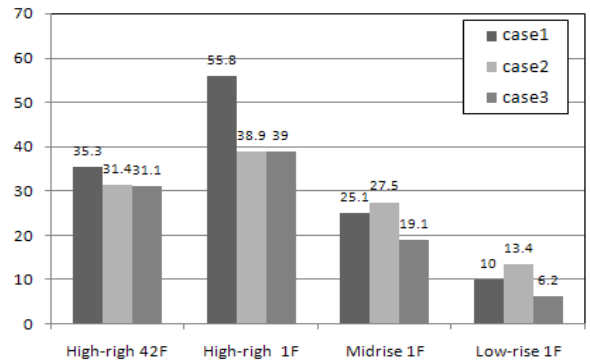


Fig. 6 E/V Door 작용압력차 (ΔP)

Fig.7에서, 각 E/V shaft로의 공기유입량 저감 효과는 로비층 E/V홀 추가구획을 전부 실시한 Case3(약 18.3%저감)이 국소적으로 구획을 설치한 Case2(약 1.7%저감)보다 크게 나타나고 있으며, 건물전체의 공기유입량을 대상으로 하는 측면에서는 추가구획 설치범위가 큰 것이 유리할 것으로 판단된다.

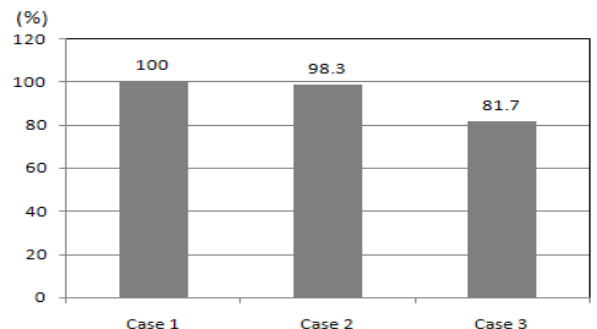


Fig. 7 고층형 E/V Shaft를 통한 공기 유입량

로비층 E/V홀 추가구획이 로비층의 외피 및 북측 출입구에 미치는 영향을 검토한 결과, Fig.8 과 같이 추가구획 설치범위가 넓은 Case3이 국소적으로 구획을 설치한 Case2에 비해 각 부분에 작용하는 압력차가 크게 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 구획의 설치범위가 많을수록 1층 로비실내의 절대압력이 상승하여 결과적으로 로비와 외기 간의 압력차이가 작아지기 때문이다.

이상과 같은 결과들로부터, 추가구획의 설치방법(설치범위)에 따른 연돌효과의 발생특성이 상이하다는 것을 알 수 있으며, 건물에서 실제로 발생하고 있는 연돌효과문제의 위치 및 정도 등을 고려하여 적절한 대책을 선정하는 것이 중요할 것으로 생각된다.

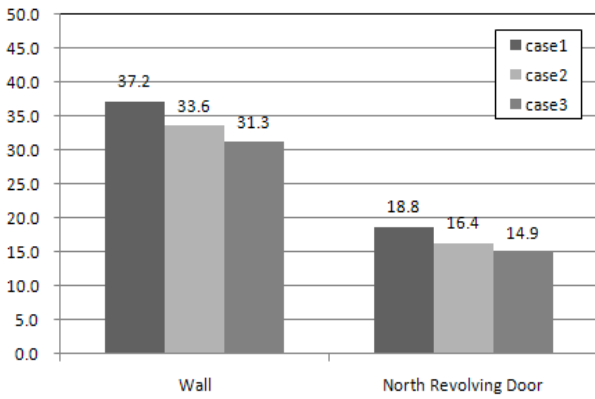


Fig. 8 1층 압력분포

#### 4. 실측을 통한 로비층 추가구획의 효과 검토

##### 4.1 실측 개요

측정 대상건물 및 기본적인 측정조건(구획의 설치조건)은 시뮬레이션과 동일하다. 추가구획의 설치 및 철거를 위하여 측정은 각 측정조건에 대하여 다른 일정으로 실시되었다. 측정일정이 상이하기 때문에 각 측정에 대하여 비교를 위한 기준조건에 측정도 별도로 실시되었다. 각 측정조건에 대한 상세를 Table 3과 같다. 각 측정조건에 대한 측정항목 및 측정위치는 Fig.9과 Fig.10에 나타내고 있다. Fig.11과 Fig.12에는 추가구획의 실제 설치상황을 나타낸다. 측정항목 중, E/V도어의 통과풍속의 측정 시에는 E/V도어를 개방하여 도어틈새의 풍속을 측정하였다.

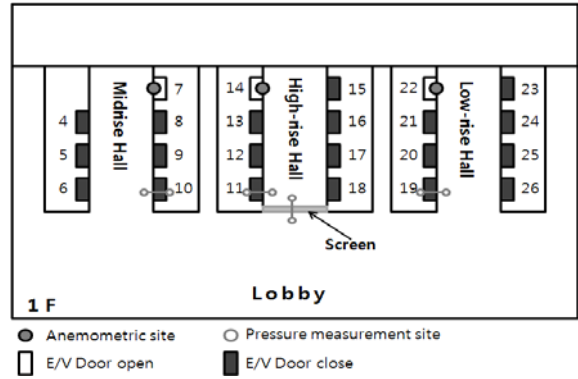


Fig. 9 고층부 E/V hall 추가 구획(Case1-2) 측정 위치

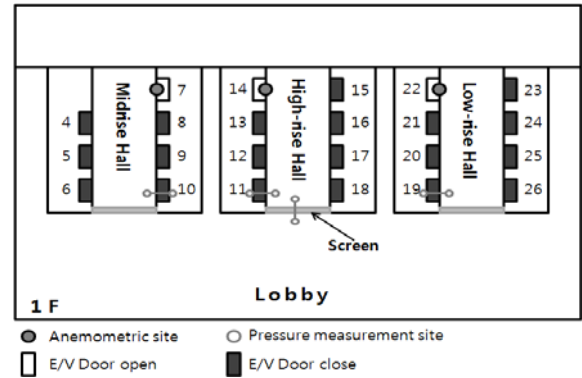


Fig. 10 저,중,고층부E/V hall 추가 구획(Case2-2)측정 위치

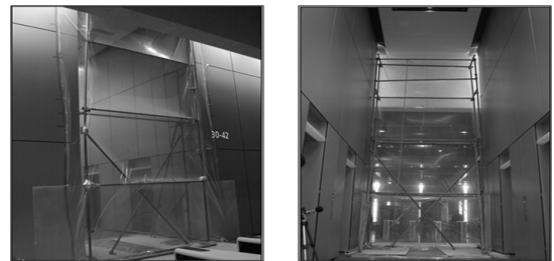


Fig. 11 1층 고층부 E/V홀 추가 구획 전경

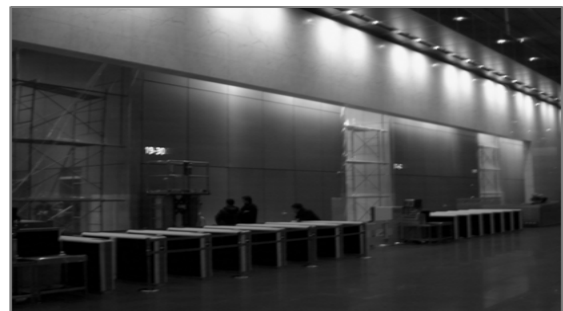


Fig. 12 1층 저,중,고층부 E/V홀 추가 구획

Table 3 측정조건1 (고층부 E/V홀 추가 구획)

구 분	내 용
측정일	09년 02월 21일
측정 Case	Case1-1 : 차단전
	Case1-2 : 고층부 E/V홀 추가 구획
측정 내용	고층부 E/V홀 로비, 42층 E/V도어 압력차, E/V도어 통과풍속, 소음 저, 중층부 E/V홀 로비 E/V도어 압력차, E/V도어 통과 풍속, 소음
대기압	101667 Pa ~ 101710 Pa
외기온	1.4℃ ~ 1.2℃

Table 4 측정조건2 (저,중,고층부 E/V홀 추가 구획)

구 분	내 용
측정일	09년 03월 07일
측정 Case	Case2-1 : 차단전
	Case2-2 : 고,중,저층부 E/V홀 추가 구획
측정 내용	고층부 E/V홀 로비, 42층 E/V도어 압력차, E/V도어 통과풍속, 소음 저, 중층부 E/V홀 로비 E/V도어 압력차, E/V도어 통과 풍속, 소음
대기압	102445 Pa ~ 102430 Pa
외기온	-0.4℃ ~ -0.3℃

#### 4.2 실측 결과

각 측정조건에 대한 측정결과를 Fig.13 ~ Fig.16에 나타낸다. Fig.13과 Fig.14는 1층의 고층부 E/V홀 입구에만 추가구획을 설치한 측정 1(Case1-1 및 Case1-2)에 대한 압력차와 풍속의 측정결과를, Fig.15와 Fig.16은 1층의 모든 E/V홀 입구에 추가구획을 설치한 측정2(Case2-1 및 Case2-2)에 대한 동일항목의 측정결과를 나타낸다.

Fig.13의 기준조건 Case1-1에서, 1층 E/V도어의 차압은 고층부 63[Pa], 중층부 55[Pa], 저층부 30[Pa]로, 42층 E/V도어는 43[Pa]로 나타났다. 고층부에만 구획을 설치한 Case1-2에서는 1층 E/V도어의 차압은 고층부 54[Pa], 중층부 56[Pa], 저층부 32[Pa]로, 42층 E/V도어는 39[Pa]로 나타났다. 결과적으로 고층부 E/V도어의 압력차는 크게 감소하고 있지만 중층부와 저층부 E/V도어의 압

력차는 약간 증가하고 있다. 이는 시뮬레이션에서 나타나는 경향과 동일한 결과로, 국소적인 구획설치에 따른 압력전이현상이 발생한 것이라고 할 수 있다.

한편 Fig.14에서, 기준조건 Case1-1의 통과풍속은 1층 고층부 5.2[m/s], 중층부 4.3[m/s], 저층부 4.9[m/s]로, 42층에서는 2.2[m/s]로 나타났다.

Case 1-2에서는 1층 고층부 3.58[m/s], 중층부 5.15[m/s], 저층부 4.61[m/s]로, 42층에서는 2.18[m/s]로 나타났다. 측정시의 건물상황(거주자의 통행 등) 및 측정오차를 고려할 때, 전체적으로 압력차의 측정결과와 동일한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

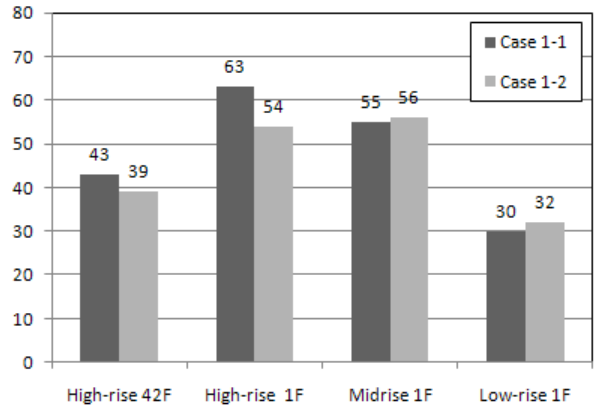


Fig. 13 E/V도어 작용압력차

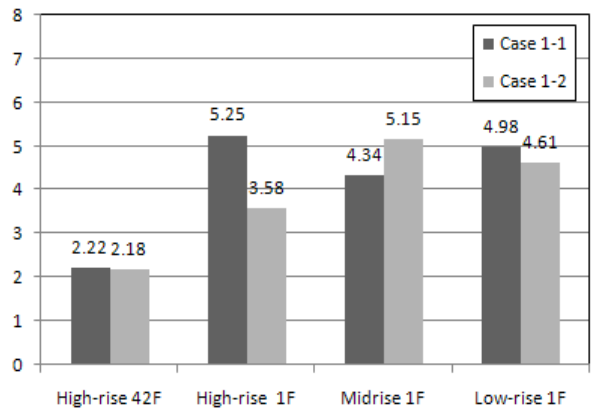


Fig. 14 E/V도어 통과풍속

1층의 모든 E/V홀 입구에 추가구획을 설치한 Fig.15 및 Fig.16의 결과에서도, 시뮬레이션과 동일하게 구획추가에 따른 압력전이가 최소화되어

모든 E/V도어의 압력차 및 풍속이 저감되고 있는 것을 알 수 있다.

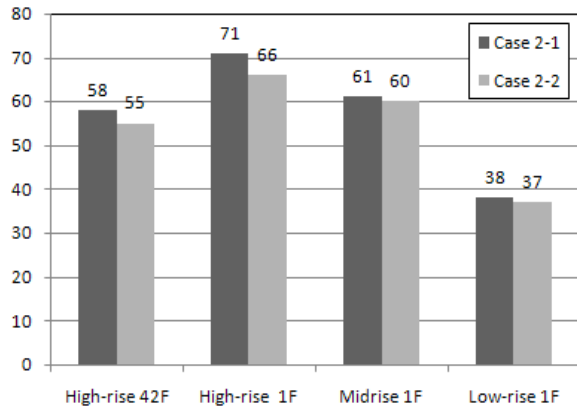


Fig. 15 E/V도어 작용압력차

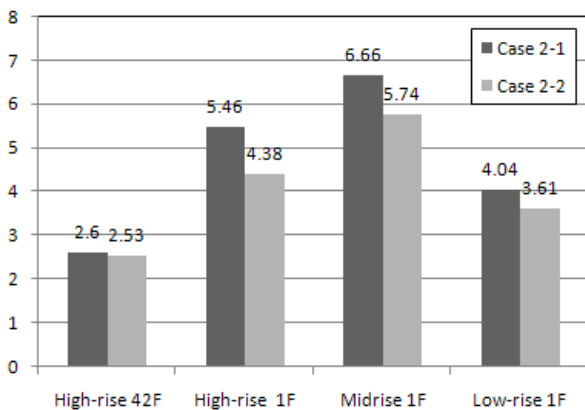


Fig. 16 E/V도어 통과풍속

측정1과 측정2의 고층부 E/V도어에 대한 결과를 비교해 보면, 측정1에서는 도어에 작용하는 압력차가 63[Pa]에서 54[Pa]로 약 14% 저감되고 있으며 풍속이 5.25[m/s]에서 3.58[m/s]로 약 32% 저감되고 있는 데에 비해, 측정2에서는 도어에 작용하는 압력차가 71[Pa]에서 66[Pa]로 약 5.6% 저감되고 있으며 풍속이 5.46[m/s]에서 4.38[m/s]로 약 20% 저감되고 있음을 알 수 있다. 즉 고층부에만 구획을 적용한 경우에 국소적인 측면에서의 저감효과가 크게 나타나고 있으며, 이 또한 시뮬레이션과 동일한 경향의 결과이다.

시뮬레이션과 측정의 결과를 비교해 보면, 전체적으로 양측의 결과가 유사한 경향으로 나타났으나, 동일한 구획조건에서 측정에서의 연돌효과 특성에 대한 변동폭이 작게 나타나고 있다. 이는 실제건물의 경우에는 시뮬레이션에서 구현하기 어려운 미세 틈새가 다수 존재하기 때문에 발생하는 현상이라고 할 수 있다. 따라서 실제건물을 대상으로 하는 연돌효과대책에 있어서, 대책 적용에 따른 오차발생을 최소화하기 위하여 이와 같은 특성을 고려할 필요가 있다고 생각한다.

## 5. 결론

본 연구에서 시뮬레이션과 실측을 통하여 살펴본 결과 다음과 같이 나타났다.

- (1) 오피스의 전형적인 평면 형태는 연돌효과대응에 불리하다는 것을 확인하였으며, 1층의 E/V 홀은 건물의 주요 공기유동 경로로써 이를 차단하는 방법에 의한 연돌저감효과를 검증하였다.
- (2) 고,중,저층부 E/V 홀의 추가구획 대상을 설정하는 방법에 따라 다른 특성을 가지므로 건물에서 실제로 발생하는 문제를 고려한 대책 선정이 중요하다.

## 참고문헌

1. Tamura, G. T., Wilson, A.G., Pressure differences caused by chimney effect in three high buildings, ASHRAE Transactions Vol. 73, part2, 1967.
2. Dols, W. S and Walton, G. N., CONTAMW 2.4 user guide and program documentation, NISTIR 7251, National Institute of Standards and Technology, 2006.
3. Tamura, G. T., Smoke movement and control in high-rise buildings, National Fire Protection Association, 1994.
4. Park, D. R., 2007, A Study on the Reduction Strategies of Stack Effect in High-rise Residential Buildings, Proceedings of the SAREK, pp. 546-552.