

# 엘리베이터 가압

## Elevator Pressurization

이 글에서 설명하는 엘리베이터 가압 시스템(elevator pressurization systems)은 엘리베이터 샤프트를 통해 생명을 위협할 수 있는 연기가 화재 발생 장소로부터 멀리 떨어진 층까지 도달하는 것을 방지하기 위한 시스템이다. 엘리베이터 가압(Elevator pressurization)은 건물 내 구획된 엘리베이터 홀(승강장)의 대안이 될 수 있으며, 이 글의 내용들은 SFPE의 Smoke control seminar<sup>1 2</sup> 와 New smoke control handbook<sup>3</sup> 에서 논의된 가압 엘리베이터를 기초로 작성되었다. 이 글에서는 새로운 핸드북에 언급된 엘리베이터를 이용한 피난을 위한 연기 제어 관련 내용은 다루지 않는다.

승강로 가압식 엘리베이터가 적용된 건물의 상당수는 계단실 가압도 적용되어 있어, 이 글에서는 두 가압 설비의 동시 작동에 초점을 두고 있다. 매우 드문 경우이기는 하지만 엘리베이터 가압이 건물 내 유일한 연기 제어 시스템인 경우에도 유용할 것이다.

승강기(Elevator car)의 이동에 의해 생성된 압력은 엘리베이터 가압 시스템에 불리하게 작용할 수도 있으며 이러한 엘리베이터의 피스톤 효과(piston effect)는 가압 엘리베이터 시스템 설계 시 충분히 고려되어야 한다. 이러한 엘리베이터 피스톤 효과에 대한 자세한 내용은 연기제어 핸드북<sup>3</sup> 을 참조하기 바란다.

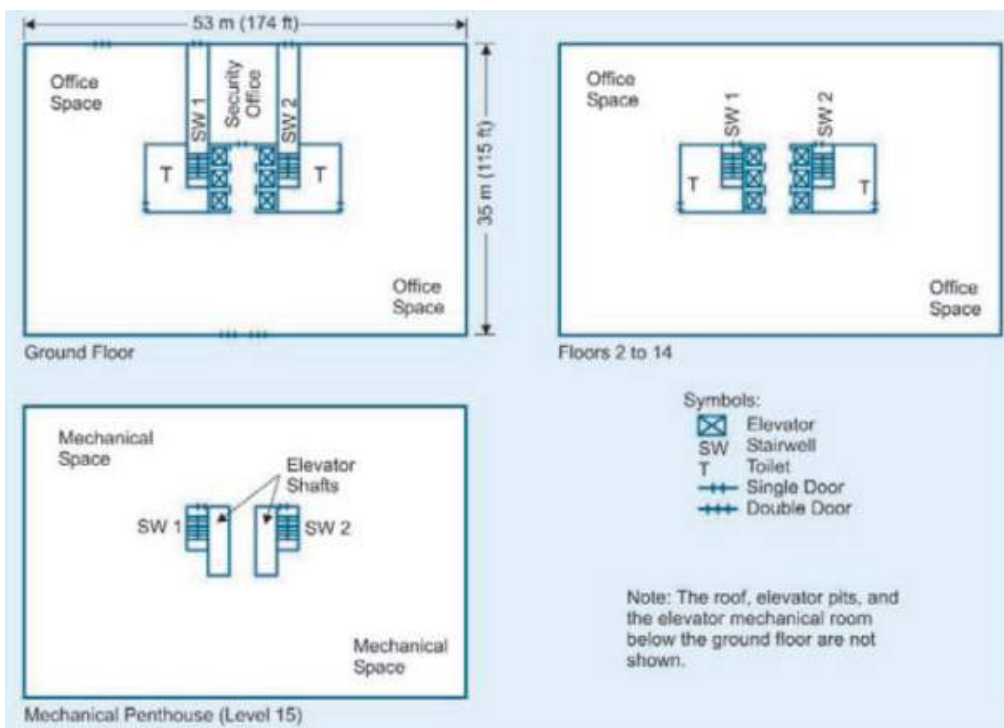
### 디자인 분석(DESIGN ANALYSIS)

가압식 제연 시스템(pressurization smoke control systems)의 설계 분석에 종종 사용되는 네트워크 분석 모델(network analysis models)과 CONTAM<sup>4</sup> 은 광범위하게 사용되어 이러한 분석에 실질적인 표준이 되었다. CONTAM은 이 글에서 설명된 시뮬레이션에 사용되었으며, 일반적으로 CONTAM 분석은 특정 건물의 가압 엘리베이터와 가압 계단실이 의도한대로 균형적인 동작을 할 수 있는지를 확인하기 위해 사용된다.

가압 엘리베이터 설계는 가압 계단실 설계보다 무척이나 복잡하지만, 이러한 복잡함을 해결하기 위한 다양한 시스템이 있다. 이 복잡함의 이유는 (1) 건물의 외벽이 엘리베이터와 계단실에서 동시에 생성되는 커다란 공기 흐름 (airflow)을 효과적으로 처리하지 못하고, (2) 1층의 열린 엘리베이터 문을 통해 유입된 공기는 엘리베이터 샤프트로 공기 흐름을 증가시키는 경향이 있으며, (3) 1층의 열린 외부의 출입문은 1층의 엘리베이터 샤프트를 통해 과도한 압력 차이를 발생 시킬 수 있기 때문이다.

대부분의 대도시에서 소방대는 빠른 속도로 화재 현장에 진입할 때 외부와 접하는 문을 열어 놓게 되며, 국제빌딩코드(International Building Code<sup>5</sup>)에서는 열린 외기 문을 통하여 유입된 공기가 엘리베이터의 수직공간을 가압하게 되는 현상에 대해 고려하고 있다. 건물 내 입주인 또한 피난 중에 외기 문을 열어 놓는다. 이 글에서는 엘리베이터 가압은 많은 수의 외기문이 개방된 상태에서의 작동을 고려하고 있다. 만약 모든 외기 문이 닫혀진 상태에서 설계된 제연 방식으로 작동 할 수 없는 상황이라면, 엘리베이터 가압 설비가 작동되기 전에 일부 외기문은 자동적으로 열릴 수 있어야 한다. 소방대가 외기문을 열어놓지 않는 지역이라면 외기 문을 열수 있는 다른 방안이 고려되어야 할 수도 있다.

<그림 1> CONTAM 시뮬레이션 예제 건물의 평면도



여기서 설명하는 엘리베이터 가압 시스템은 (1) 기본시스템(BASIC SYSTEM), (2) 외부 환기(exterior vent, EV) 시스템 (3) 바닥 배기(floor exhaust, FE) 시스템, 그리고 (4) 1층 로비(ground floor lobby, GFL)가 있는 구조이다. 계단실 가압이 있는 건물 또한 동일하게 적용된다.

## CONTAM SIMULATIONS

그림 1의 예제 건물의 시스템 성능을 분석하는 데 36 CONTAM 시뮬레이션이 사용되었다. 예제 건물은 위에서 언급된 엘리베이터 가압 시스템을 설명하기 위해 선택되었으며, 실제 적절한 엘리베이터 용량이 있다는 것을 보여주기 위해 실제 건물에 근거 하였다. 이러한 이유로 이 예제는 특정 코드로 설계된 건물보다 우수한 성능을 가진 것으로 생각 할 수 있다.

시뮬레이션에서는 표1의 차압 기준이 사용되었으며, 이 기준은 국제 건물 코드(International Building Code<sup>5</sup>)의 차압 기준과 일치시켰다. 최소 차압 기준은 엘리베이터 샤프트와 계단실 내로 연기가 흘러들어가는 것을 방지하기 위함이며, 계단실의 최대 차압 기준은 과도한 압력에 의해 문이 개방되는 것을 방지하기 위함이다. 엘리베이터의 최대 차압 기준은 엘리베이터 문의 닫히는 현상을 방지하기 위함이다.

<표 1> 엘리베이터 가압 시뮬레이션의 차압 기준

SYSTEM	최소기준(Pa)	최대기준(Pa)
엘리베이터 가압	25	62
계단실 가압	25	87

위의 기준은 이 글에서 언급된 엘리베이터 시뮬레이션에 해당하며, 일부 프로젝트는 코드 요구 사항과 특정 프로그램의 요구 사항에 의해 달라 질 수 있음.

예제 건물의 CONTAM 시뮬레이션에 따르면 엘리베이터 샤프트는 상부로 공기를 주입하였고, 계단실은 절반은 최상부에서 나머지는 2층에서 공기를 주입하였다.

건물 내 가압 공기의 누설은 계단실 가압 시스템의 성능에 영향을 주며, CONTAM 시뮬레이션에서는 다양한 누설값이 사용되었다. 외벽을 통한 누설

은 시스템의 성능에 많은 영향을 주며, 외벽은 조밀한(tight), 평균적인(average), 헐거운(loose), 매우 헐거운(very loose)으로 분류한다.

1999년 Persily의 건물 공기 누설 연구에 따르면, 많은 건물은 에너지 절약에 대한 고려에도 불구하고, 누설이 발생 되는 것으로 나타났다. 화장실 배기 및 HVAC 시스템의 누출은 CONTAM 시스템에서는 포함되지 않지만, 그것들은 건물 외피 누설의 일부로 인식되었다.

모든 시스템에서 필요한 가압 공기의 양은 엘리베이터 샤프트 벽과 엘리베이터 문의 누설에 의해 달라진다. 시뮬레이션에 따르면 내벽의 누설은 헐거운(loose), 엘리베이터 문의 누설은 평균(average)정도였다. 비교적 넓은 바닥의 누설(바닥 슬라브의 균열(Paths)과 바닥 슬라브와 커튼월 사이의 틈새)은 계단실과 엘리베이터 샤프트를 통해 압력 차이가 작아지는 경향을 보이며, 시뮬레이션을 통해 이러한 누설은 GFL 시스템에서 중요하다는 것을 보여준다.

## 기본 시스템(BASIC SYSTEM)

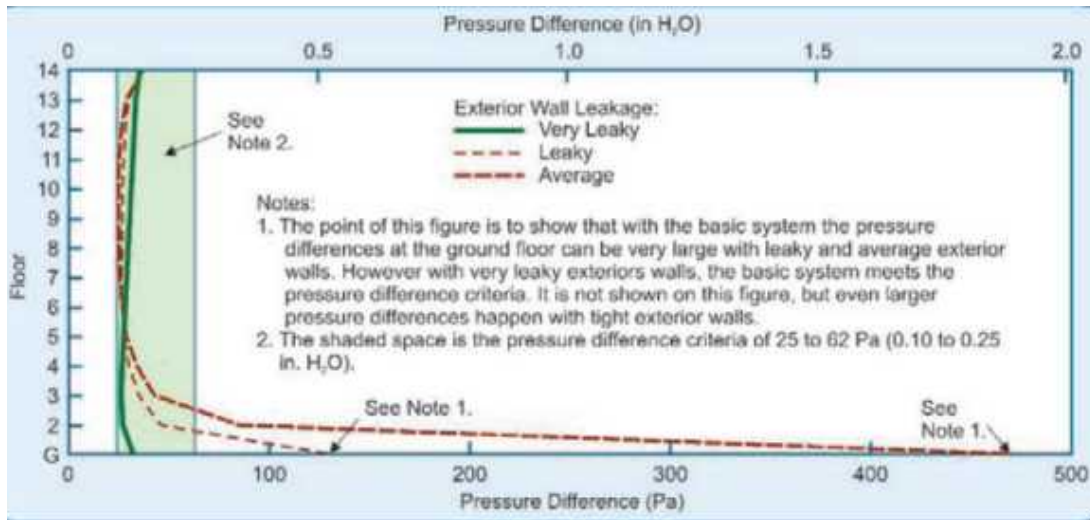
계단실 및 엘리베이터 샤프트 각각에 하나 이상의 전용 팬이 가압 공기를 불어넣는 것을 기본 시스템이라 한다. 위에서 언급한 바와 같이 건물 외피는 엘리베이터와 계단실을 통한 커다란 공기의 흐름을 제어할 수 없으며, 이것이 기본 시스템으로 대부분의 건물에서 효과적인 가압이 되지 않는 이유이다. 효과적인 가압을 위해서는, 엘리베이터 샤프트(혹은 계단실)의 압력차가 표1에서 제시한 최소·최대 설계값 내에 있어야 한다.

예제 건물에서 기본 시스템의 경우, 1층의 엘리베이터 샤프트의 차압이 최대 기준을 초과하는 것을 그림2에서 볼 수 있다. 그러나 그것은 매우 헐거운(very loose) 외벽에서는 기본 시스템이 성공적으로 가압되는 것을 알 수 있다. 성공적인 가압을 위해서는 각각의 엘리베이터 샤프트에서  $13\text{m}^3/\text{s}$ , 각각의 계단실에서  $3.1\text{m}^3/\text{s}$ 의 공기가 필요하다.

이 내용은 비교적 느슨한 건물은 엘리베이터 가압에 필요한 많은 양의 공기를 수용할 수 있으며, 성공적인 가압이 기본 시스템에서 가능하다는 것을 예상할 수 있다. 특정 건물 중 기본 시스템이 가능한 경우 CONTAM 시스템으

로 평가할 수 있다.

<그림 2> 예제 건물의 기본 시스템에 대한 엘리베이터 압력 차이



## 외부 환기(external vent, EV) 시스템

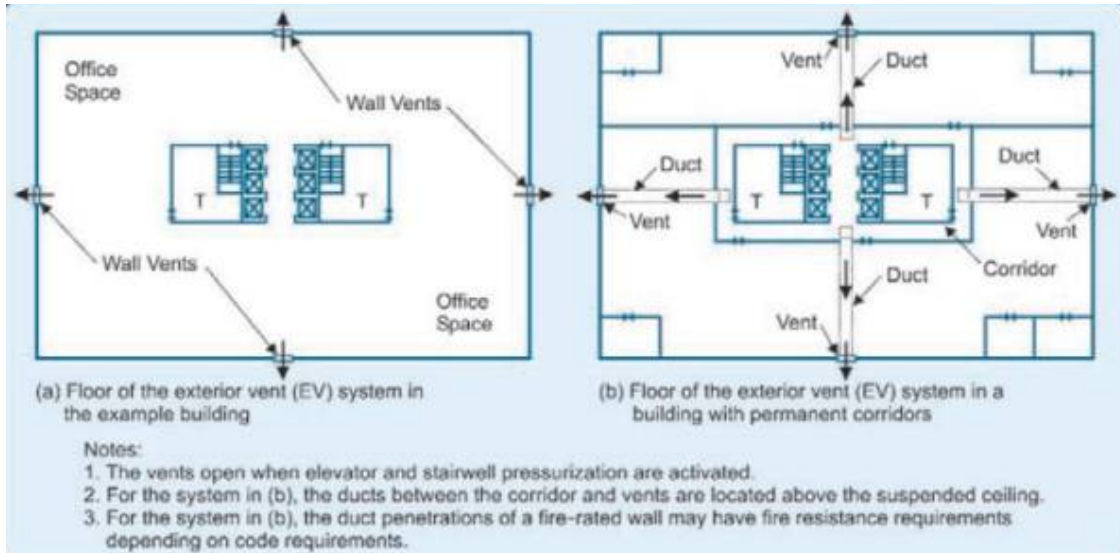
이 시스템의 아이디어는 성공적으로 가압에 도달할 수 있도록 건물의 누설을 증가시키는 것이다. 예제 건물이 개방된 사무실 건물이기 때문에, 외벽의 통풍구(vents)를 사용하면 가능할 수 있다. 예제 건물(그림 3a)를 보면, CONTAM 시뮬레이션은 환풍구의 크기가 설계 기준에 충족할 수 있음을 보여준다. 예제 건물을 보면, EV 시스템은 기본 시스템에서 필요한 가압 공기의 양과 같은 양의 공기가 필요함을 알 수 있다.

외피가 개방되지 않는 건물의 경우 복도의 벽과 다른 벽의 유동 저항은 시스템 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 이런 부정적인 영향은 그림 3b에서 보여지는 덕트를 사용하여 해결 될 수 있다. 덕트는 복도 벽 및 기타 벽의 영향을 제거하여 엘리베이터에서 옥외로 공기가 흐를 수 있는 통로가 될 수 있다.

통풍구는 불리한 바람의 영향을 최소화 할 수 있는 방식으로 위치하고 있으며, 공기 흡입구는 연기가 피드백되어 흡입될 가능성을 최소화하기 위하여 통풍구와 멀리 떨어져서 위치해야 한다. 이러한 통풍구는 코드 요구 사항에 따라서 방화댐퍼가 필요 할 수도 있다. 외부 환기 시스템의 덕트는 호텔과

콘도 등에서 다른 용도로 사용할 수도 있다. 덕트의 방화 벽체 관통부는 코드 요구 사항에 따라서 내화성능이 요구 될 수도 있다.

<그림 3> 외부 환기 시스템이 있는 건물의 기본 평면도



외기문이 개방된 건물의 경우 1층에는 외부 통풍구가 필요치 않다. 왜냐하면, EV 시스템은 일부 또는 모든 외기문이 닫힌 경우 허용 가압에 도달 할 수 없기 때문에, 외기문 중 일부가 자동으로 열리도록 하는 시스템이 더 유용할 수 있다. 자동으로 열리는 외기문의 수량은 CONTAM 분석을 통해 계산할 수 있다.

### 바닥 배기(floor exhaust, FE) 시스템

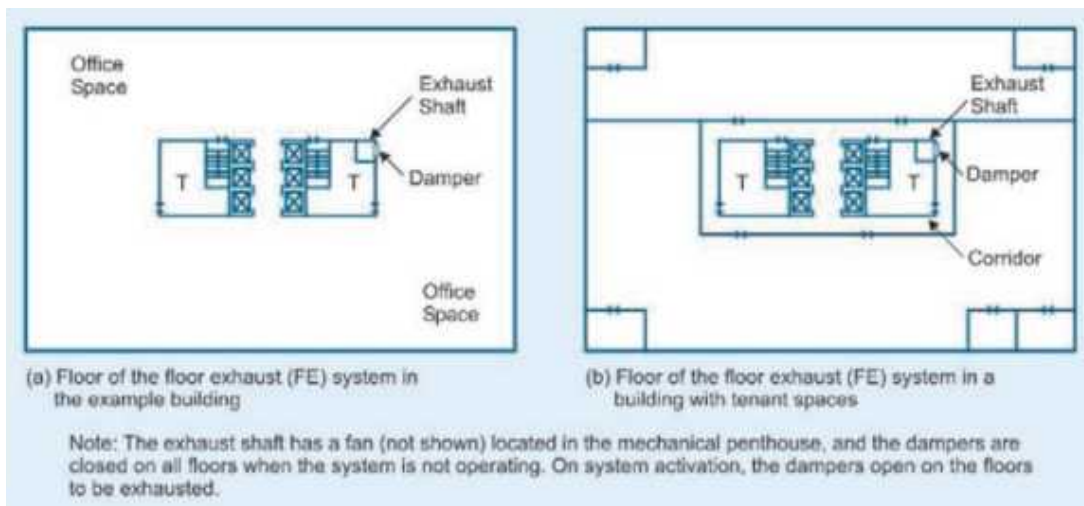
바닥 배기 시스템은 건물 외피의 공기 유입 양을 줄이는 것을 요점으로 다룬다. 바닥 배기 시스템에서 엘리베이터 샤프트 및 계단실에 비교적 적은 양의 공기가 공급되고, 화재 발생 층에서 필요한 압력을 유지하며 배기하는 방식이다. 또한 화재 발생 층 상부의 하나 또는 두 개 층과 아래 층은 배출하는 것이 일반적이다. 바닥 배기 시스템은 일부 층만 압력을 유지하기 때문에 AHJ(관련 허가권자)의 승인을 받아야 한다.

그림 4a의 예제 건물을 보면, 이 건물의 시뮬레이션에서 각각의 엘리베이터 샤프트에서  $71\text{m}^3/\text{s}$ , 각각의 계단실에서  $1.8\text{m}^3/\text{s}$ 이 필요한 것으로 나타났다. 바닥 배기량은 층에 따라  $2.3\text{m}^3/\text{s}$ 에서  $2.5\text{m}^3/\text{s}$ 까지 나타났다. 내부에 많은

파티션이 있는 건물은 엘리베이터 및 계단실의 개방된 복도 벽에서 배기할 수 있음을 그림 4b에서 볼 수 있다.

외부 환기 시스템과 마찬가지로, 1층의 일부 외기 출입문은 바닥 배기 시스템과 연동되어 자동으로 열릴 수 있어야 하며, 그 문의 수는 CONTAM 분석에 의해 계산 할 수 있다.

<그림 4> 바닥 배기 시스템이 있는 건물의 기본 평면도



### 1층 로비 시스템(Ground Floor Lobby(GFL) System)

이 시스템은 1층에는 구획된 엘리베이터 로비가 있지만, 기타 다른 층에는 구획된 엘리베이터 로비가 없는 구조이다. 이 시스템은 1층을 제외한 모든 층에 구획된 엘리베이터 로비를 갖는 일반적인 예제와는 반대이지만, 성공적인 엘리베이터 가압을 할 수 있다.

그림2에서 볼 수 있듯이, 엘리베이터 가압 시스템은 1층에서 엘리베이터 문을 통해 매우 높은 압력 차이를 만드는 경향이 있으며, 구획된 엘리베이터 로비는 이 압력 차이를 줄일 수 있다. GFL 시스템은 종종 구획된 로비와 건물 사이의 문을 통해 과하게 발생 하는 압력 차이를 방지하려는 목적으로 통풍구가 설치된다.

표1의 기준은 약간의 수정을 통해 GFL 시스템에 적용된다. 로비 문을 통한 최대 차압 기준은 없지만, 압력은 문이 닫히는 것을 방해 할 정도로 높아서



는 안 된다. 이 값은 특정 문과 하드웨어에 따라 달라진다. CONTAM 시뮬레이션에 따르면, 로비 문을 통한 최대 차압은 87Pa 정도가 계산되고 있으나, 프로그램에 따라 달라 질 수 있다. 지상층 로비가 구획됨으로 인해 최소 차압 기준은 1층 엘리베이터에는 적용되지 않는다.

<그림 5> GFL 시스템이 적용된 예제 빌딩의 1층 평면도

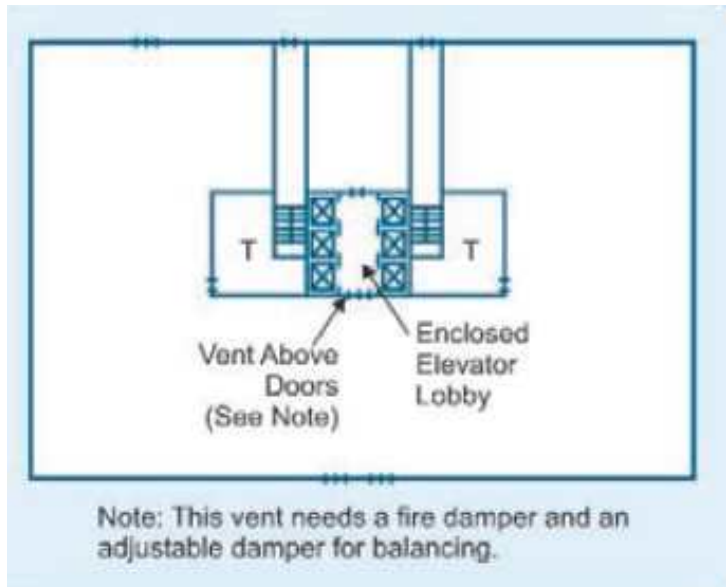


그림5는 GFL 시스템이 적용된 예제 건물의 1층을 보여준다. 로비 문과 엘리베이터 문의 압력 차이는 통풍구 면적에 따라 달라지며, 이 통풍구는 시운전 중에 균형을 맞출 수 있도록 조절 할 수 있다.

GFL 시스템의 CONTAM 시뮬레이션에서는 기밀한 외벽보다는 느슨한 외벽을 가진 경우, 기준을 만족하는 것으로 나타났다, 샤프트를 통한 급기는 기본 시스템(Basic system)과 외부환기 시스템(EV system)에서 요구되는 것과 거의 같았다. 예제 건물에서 층간 누기는 GFL 시스템의 성능에 많은 영향을 줄 수 있다. 이러한 누설은 층간 틈새나 커튼월 틈에 의한 것이다.

공동저자 : John H. Klote, Ph.D., P.E., FSFPE  
Michael J. Ferreira, P.E.  
James A. Milke, Ph.D., P.E.

John H. Klote, Ph.D., P.E., FSFPE, is with John H. Klote, Inc.,



---

Michael J. Ferreira, P.E., is with Hughes Associates, Inc.,  
James A. Milke, Ph.D., P.E., FSFPE, is with the University of Maryland.

References:

1. Klote, J.H., and Ferreira, M.J. Seminar: Smoke Control Session I—  
Fundamentals and Pressurization Systems, Society of Fire Protection  
Engineers, Bethesda, MD, 2011.
2. Klote, J.H. and Turnbull P.G. Seminar: Smoke Control Session I—  
Fundamentals and Pressurization Systems, Society of Fire Protection  
Engineers, October 27, Bethesda, MD, 2010.
3. Klote, J. H., Milke, J. A., Turnbull, P. G., Kashef, A., Ferreira, M. J.  
Handbook of Smoke Control Engineering, ASHRAE, Atlanta, GA, 2012. 4  
Walton, G. N., Dols, W. S. CONTAM 2.
4. User Guide and Program Documentation, NISTIR 7251, National Institute  
of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2010.
5. ICC, International Building Code, International Code Council, Country Club  
Hills, IL, 2012.
6. Persily, A. K. Myths about Building Envelopes, ASHRAE Journal, Vol. 41,  
No. 3. 1999.

---

출처 : Fire Protection Engineering Apr.1,2013  
번역 : 대전충청지부 사원 김상협

\* 번역물의 원본은 <http://magazine.sfpe.org/content/elevator-pressurization>  
에서 보실 수 있습니다.