

# 친환경적 측면을 고려한 연돌효과 대응방안에 대한 고찰

친환경 및 연돌효과대응이란 용어가 가지는 의미를 재고하고, 양자 간의 관련성 확인을 통해 건물의 친환경 성능 향상을 위한 효율적인 연돌효과 대응방안의 방향을 제시한다.

이 중 훈 / 편집위원

삼성물산(주) 건설부문 기술연구소 친환경에너지팀 (jh6925.lee@samsung.com)

## 친환경의 의미

가장 쉬운 의미로 친환경을 풀이하면 자연을 보존하는 것이라고 할 수 있다. 즉 자연파괴 내지는 환경파괴를 최소화하고자 하는 의지라고도 표현할 수 있다. 환경파괴에는 여러 가지 측면이 존재하고 있으나, 건축적인 측면에서 그리고 지구의 온난화라는 측면에서 환경파괴를 생각할 때 이산화탄소 배출량의 증가라는 항목으로 관점이 집중되게 된다. 건축물의 라이프사이클을 생각할 때 이산화탄소의 대부분은 단연 건축물이 사용되는 기간 동안에 배출되게 되며, 이는 곧 건축물의 에너지사용량에 직결된다고 할 수 있다. 결과적으로 건물의 에너지부하를 저감시키는 것을 통하여 친환경을 실현하는 것이 가능하다는 의미가 된다.

예를 들어, 냉방 및 난방 등 건물에서의 에너지 사용량을 저감시키는 것이 곧 친환경구현이 된다고 할 수 있으나, 에너지 사용량을 저감시키기 위해 거주쾌적성이 저하된다면 이는 진정한 의미의 친환경이라고는 할 수 없다. 최적의 친환경구현이란, 적정한 거주쾌적성을 확보해야 한다는 전제조건 하에서 에너지효율을 향상시키는 것이라고 할 수 있다.

## 연돌효과대응의 의미

연돌효과란, 건물 내부와 외부와의 온도차에 의해

건물 내외부 간에 압력차가 발생하여 건물 내부를 통한 공기유동이 발생하는 현상이라고 정의되고 있다. 이와 같이 연돌효과는 건물에서 필연적으로 발생하는 자연현상이라고 할 수 있으며, 일반적으로 인식되고 있듯이 연돌효과 그 자체를 문제라고 표현하는 것은 옳지 않다. 다시 말해서, 연돌효과가 아니라 연돌효과에 의해서 발생하게 되는 2차적 현상이 문제점으로 지적되어야 한다.

일반적으로 연돌효과에 대응한다고 하면, 연돌효과에 의해 발생하는 문제를 개선하는 일련의 활동으로 인식되거나, 연돌효과가 발생하지 않도록 하는 것으로 오인되는 사례가 종종 있다. 여기서 전자는 연돌효과대응으로 표현될 수 있으나, 후자는 상기 표현 그대로 오인에 지나지 않는다. 왜냐하면 필연적으로 일어나는 자연현상을 거부할 수는 없기 때문이다.

연돌효과대응에는 또 한 가지의 의미가 있는데, 상기와 같은 문제개선을 목적으로 하는 것과는 달리, 연돌효과를 활용하는 것을 목적으로 하고 있는 것이 그것이다. 정리하면, 연돌효과에 의해서 발생하는 문제점을 개선하는 활동과 연돌효과를 활용하기 위한 활동 모두를 연돌효과대응이라고 표현할 수 있다. 여기서 전자를 연돌효과저감 그리고 후자를 연돌효과활용이라고 표현하기로 한다. 이와 같은 두 가지 측면의 연돌효과대응을 고려할 때 한 가지 주의해야 하는 점은 하나의 활동을 통하여 양자가 동시에 만족되어 질수가 없다는 것이다. 예를 들어, 건

물 내부의 공기유동을 이용하여 발전용 터빈을 돌리고자 하는 것은 연돌효과문제의 극대화를 초래하게 되기 때문이다.

### 친환경과 연돌효과대응의 관련성

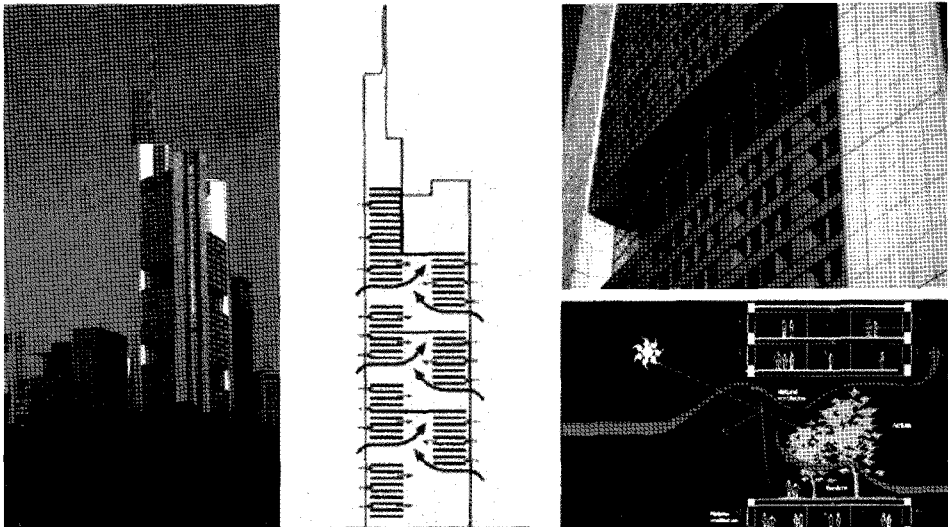
앞에서 친환경은 결국 건물의 거주쾌적성을 유지하면서 에너지사용량을 저감한다는 의미라고 설명했다. 친환경과 연돌효과대응의 관련성을 생각할 때에도 거주쾌적성과 에너지사용량의 저감이라는 두 가지 키워드를 염두에 두면 이해에 도움이 되리라 생각한다. 즉, 연돌효과에 의한 문제를 개선시키는 활동(연돌효과저감)을 통하여 건물의 거주쾌적성이 향상될 수 있으며 동시에 건물의 에너지사용량을 감소시키는 것이 가능하다. 연돌효과저감을 통하여 건물의 에너지사용량이 감소된다는 점이 약간은 생소하게 느껴질 수도 있으나, 이는 연돌효과저감을 통하여 냉난방 설비 등의 운전효율이 향상되기 때문이다. 쉽게 설명하면, 연돌효과 저감방안의 하나인 건물 외피의 기밀화를 통하여 외기의 침입량 및 실내공기의 유출량을 저감시키면 우선적으로 건물의 냉난방부하가 작아지고, 계획대로의 냉난방조건의 조정이 수월해진다. 즉 공조기의 운전효율이 향상된다. 예를 들어 외피의 기밀성능이 낮을 경우에는 겨울철에 건물의

하층부는 아무리 공조를 해도 실내온도가 상승하지 않으며, 건물의 상층부에서는 고온현상이 발생하게 된다. 즉 건물 실내의 거주쾌적성과 공조기의 운전효율이 동시에 파괴된다고 할 수 있다.

다음으로, 연돌효과를 적극적으로 활용하는 것을 통해서도 건물의 거주쾌적성이 향상되며 동시에 에너지사용량 절감을 도모할 수 있다. 대표적인 사례로 연돌효과를 이용하여 환기를 실시하는 방법을 들 수 있다. 연돌효과에 의한 압력차라는 자연력을 환기의 구동력으로 이용하면, 급기 및 배기 등 환기팬에 의한 전력사용량을 저감시키는 것이 가능하다. 동시에 환기를 통하여 실내의 공기환경을 개선할 수 있다. 결국, 연돌효과저감 및 연돌효과활용이라는 두 가지 측면의 연돌효과대응을 통하여 친환경을 구현하는 것이 가능하게 되는 것이다.

### 연돌효과 대응방안 현황

최근의 초고층화 내지는 극 초고층화 경향에 따라서 연돌효과에 의한 문제발생과 이에 대한 개선이 건설업계의 화두로 떠오르고 있다. 왜냐하면, 연돌효과에 의해서 각종의 문제가 발생하게 되면, 거주자 측에서는 이를 시공하자로 인식해 버리는 경향이 있기 때문이다. 현재로써는 건물성능에 관련한 모든



[그림 1] 연돌효과를 이용한 환기계획 사례(독일)



법규를 만족하여도 연돌효과에 의한 문제를 방지하는 것이 불가능한 것이 현실이며, 연돌효과의 발생 특성 등을 고려할 때 이에 관한 건물의 성능법규를 만드는 것 또한 수월한 일이 아니다. 따라서 국내의 연돌효과 대응방안이란 연돌효과에 의한 문제개선이 주를 이루고 있으며, 연돌효과를 적극적으로 활용한다는 움직임은 거의 전무하다고 할 수 있다. 연돌효과에 의한 문제개선에 집중하고 있다고는 하지만, 연돌효과 발생메커니즘에 대한 이해부족 및 건설현장에 있어서의 각종 현실적인 문제로 인해 효과적인 연돌효과문제 저감대책은 찾아보기 힘든 것이 현실이다.

외국의 경우는 국내의 경향과는 상이한 양상을 띠고 있다. 사고방식의 차이일수도 있지만 미국을 사례로 하는 외국에서는 연돌효과를 당연한 자연현상으로 인식하여 거부감 없이 받아들이는 경향이 국내에 비해 상대적으로 크다. 따라서 연돌효과문제 개선이라는 움직임에서는 매우 소극적임을 알 수 있다. 반면에, 일부 국가에서는 친환경적인 측면을 보다 강조하여 연돌효과를 이용하여 환기를 실시하거나 여름철에 냉방부하를 저감시키는 등의 노력을 기울이고 있다. 하지만, 건물의 고층화가 점점 더 진행되는 추세에서 과연 언제까지 연돌효과를 당연시하여 문제를 감수할 수 있을 지에 대해서는 의문이 생기게 된다. 또한 연돌효과를 이용한다는 측면에 있어서도, 건물 전체의 유기적 관계를 고려하지 않는 방식의 환기계획이 대부분인 상황으로, 이론적인 검토 및 실제조사를 통해서 보았을 때 계획한 대로 환기성능을 확보하고 있는 것으로는 판단되지 않는

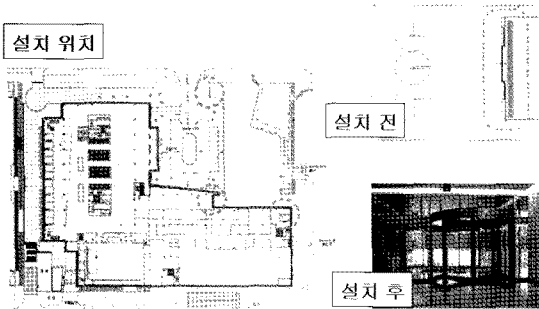
것이 현실이다.

결국 국내외적으로 친환경적인 측면을 고려한 효과적인 연돌효과대응을 위해서는 선행되어야 할 검토 및 개선되어야 할 과제가 다수 남아있다고 할 수 있다. 이는 해결해야 하는 과제이기도 한 동시에 학계 및 건설 관련 업계 등에 있어서의 블루오션이라고도 할 수 있다.

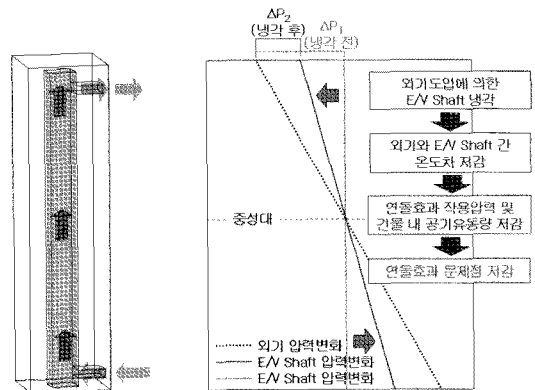
### 효율적 연돌효과 저감방안의 제안

초고층 건물의 연돌효과 저감방안 검토에 있어서, 대상건물의 수평 및 수직적 공간구성 등 건축 계획적 특성만을 주요한 항목으로 고려하는 것이 지금까지 일반적으로 실시되어온 방법이다. 하지만, 효율적인 연돌효과 문제점에 대한 대책을 강구하여 현장에 적용하기 위해서는 실제적인 건물의 사용실태를 포함한 고려가 필수불가결하다. 실제적인 건물의 사용실태란 거주자의 거주특성, 민원이 되고 있는 문제의 발생특성, 건물의 공조조건 등을 의미하고 있다. 또한, 효율적인 연돌효과 저감방안을 구축하기 위해서는 계획 및 설계 시점에서의 검토개시가 가장 중요하며, 준공 후 건물의 실제적인 사용실태까지 고려된 지속적인 검증 및 보완이 필요하다.

지금까지의 연구 및 현장 경험을 토대로 연돌효과 저감방안을 크게 세 가지 세대로 구분할 수 있다. 1세대 저감방안은 현재 일반적으로 검토되어지고 있는 건축 계획적 연돌효과 저감방안이라고 할 수 있으며,



[그림 2] 건축계획적 저감방안 사례



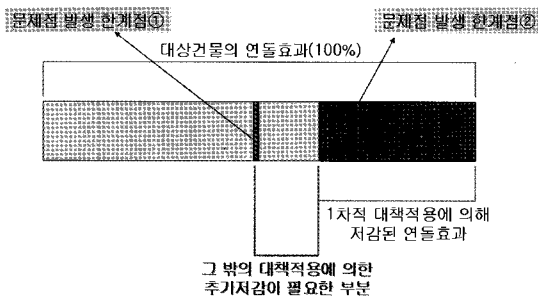
[그림 3] 적극적 저감방안 사례(E/V Shaft 냉각장치)

건축 계획적 저감방안을 보다 정량화하거나 연돌효과와 작용압력 등의 단순분배가 아닌 연돌효과 크기 자체의 저감 등을 목적으로 하는 것이 2세대 저감방안(적극적 저감방안)이다. 그리고 1세대 및 2세대 저감방안을 총망라한 후에 건물의 실제적인 사용상태를 고려하여 세부의 저감방안을 개별 및 병행하여 최적으로 적용하는 방법을 모색하는 것이 3세대 저감방안(종합적 연돌효과대책 구축방안)이다. 건축 계획적 저감방안이건 적극적 저감방안이건 간에 초고층화된 건물에서 한 가지 방안이나 장치 등을 간단히 적용하여 연돌효과 문제점을 완전히 해결하는 것은 거의 불가능하다고 할 수 있으며, 연돌효과 특성 상 이러한 장치 및 방안 등이 개발될 수 있는 가능성 또한 매우 희박하다고 할 수 있다. 따라서 건물의 실제 문제점 및 각종 성능특성 등을 고려한 현실적인 연돌효과 저감방안의 검토가 필요하다. 종합적 연돌효과 대책 구축방안(TCSS, Total Countermeasure Solution on Stack Effect)이란 이러한 취지에서 비롯된 새로운 개념의 연돌효과 저감방안이라고 할 수 있다. 그림 4에 종합적 연돌효과대책 구축방안의 개요를 나타낸다.

종합적 연돌효과대책 구축방안이란, 대상건물의 건축적/설비적 특성 등을 고려하여 연돌효과 및 문제점 저감을 위해 적용 가능한 모든 대책방안을 도출한 후, 대상건물의 연돌효과 문제점 발생한계 및 각 대책방안 적용에 따른 연돌효과문제 저감효율을 고려하여, 적정 수준의 각종 대책방안의 병행적용방안을 도출하는 방법이다. 여기서, 연돌효과 문제점 발생한계란 연돌효과에 의한 각종 문제점의 발생기

준이 되는 작용압력차 및 통과풍량의 크기를 의미하며, 이는 대상건물의 건축적/설비적 특성에 따라 상이한 값을 가지게 된다. 본 저감방안은 각종의 개별적인 대책방안의 병행적용을 통해서 개선효율에 대한 시너지 효과를 얻을 수 있는 연돌효과 문제에 관한 최적의 저감방안이라고 할 수 있다. 그림 4에서 1차적 연돌효과 대책방안의 적용에 의하여 저감된 연돌효과 발생정도(작용압력차 및 통과풍량 발생정도)가 문제점 발생 한계점 이하가 되지 않을 경우(한계점①에 해당하는 경우)에는 문제가 해결될 수 없다. 따라서 한계점과의 차이에 해당하는 만큼의 연돌효과 발생정도 조정을 위한 추가적인 대책방안의 적용이 필요하게 된다. 동일한 건물에 있어서도 연돌효과 문제점의 발생한계는 건물의 층 구분에 따라 다른 값을 가질 수 있으며, 평면적 구성 및 공조 조건 등에 따라서도 다른 값을 가질 수 있다. 종합적 연돌효과대책 구축방안에 따른 효과적 검토를 위한 기본조건을 다음에 정리한다.

- ① 연돌효과 문제점의 주요 원인인 압력차의 불균형 분배와 통과풍량과다를 동시에 컨트롤해야 한다. 즉, 주요 원인 간에는 대립적인 특성이 있다는 점에 주의할 필요가 있다. 예를 들어 통과풍량 저감을 위하여 특정부분의 기밀성능을 향상시키면 작용압력이 증가하여 또 다른 문제가 발생하기 때문이다.
- ② 건물전체를 대상으로 대책검토를 실시해야 한다. 일반적으로는 저감대책의 적용이 수월한 부



[그림 4] 종합적 연돌효과대책 구축방안(TCSS)의 개요

<표 1> 종합적 연돌효과대책 구축방안(TCSS)에 따른 검토프로세스

단계 구분	내용	비고
1	연돌효과에 관련한 건물의 기본특성 파악	도면검토 측정 및 시뮬레이션
2	연돌효과대책의 적용 필요성 여부 판단	25Pa 및 50Pa 등
3	대상건물의 건축/설비적 특성 등을 고려한 적용 가능한 대책방안 도출	-
4	대책방안 별 및 대책방안 병행적용에 따른 연돌효과문제 저감효율 검토	측정 및 시뮬레이션
5	대상건물에 대한 최적 대책방안 도출	측정 및 시뮬레이션
6	적용 및 운용보완	측정 및 시뮬레이션

분을 중심으로 하는 국소적 대책 안의 적용이 검토되기 쉬우며, 국소적 대책 안에 따른 저감효율은 매우 미비하다는 점에 주의할 필요가 있다. 또한, 국소적인 대책안의 적용에 있어서는 해당 부분의 연돌효과 문제강도는 저감시킬 수가 있으나, 해당부분에서 저감된 만큼 다른 부분에서의 발생강도가 강해지는 특징을 가지고 있다는 점에 유의할 필요가 있다.

- ③ 건물의 실제적인 사용조건(특히 공조조건) 등 대상건물의 특성을 고려한 각종 대책방안의 병행적용을 고려해야 한다.
- ④ 가장 중요한 것은 계획 및 설계 시점에서 검토가 개시되어야 한다는 점이다. 연돌효과에 대한 대책검토는 실시시점이 늦어질수록 적용효율 및 개선효율이 급감하게 된다.

종합적 연돌효과대책 구축방안에 따른 기본적인 검토프로세스를 표 1에 정리한다. 계획 및 시공단계에서는 시뮬레이션 검토가 주로 실시되며, 준공/입주 후 실제의 건물 사용 상태를 고려하여 개선 및 운용보완이 실시된다.

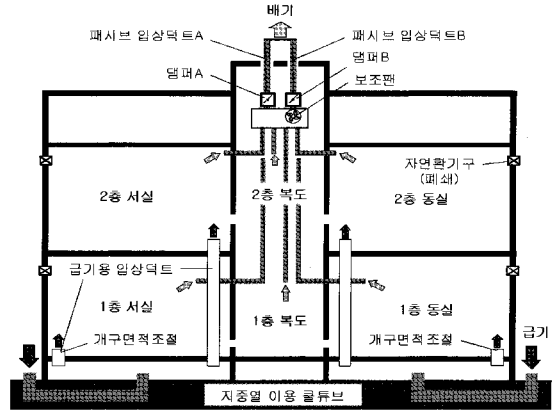
### 효율적 연돌효과 활용방안의 제안

연돌효과를 환기의 구동력으로 이용하는 것이 대표적인 연돌효과 활용방안 사례라고 전술했다. 단순 환기 이외에도 공조장치와 연동하여 혹은 방재계획에 까지 연돌효과를 활용하는 것이 가능하다. 특히 연돌효과를 이용한 환기를 보다 효율적으로 실시하기 위해서는 외기조건변화를 고려한 하이브리드 제어기가 필수적이다. 즉 하이브리드 환기를 일컫고 있으며, 이것은 내외온도차 및 풍력 등의 자연력을 기본 구동력으로 하여 환기를 실시하되, 계절별 내외 조건에 따른 환기부족 및 환기과다에 대해서는 보조적으로 기계력을 이용하는 개념의 환기방식이다. 결국, 패시브환기방식을 기본으로 하며 보조적으로 강제환기방식을 채용한 새로운 개념의 환기방식이라고 할 수 있다. 현재 국내에서 빈번하게 소개되고 있는 대부분의 하이브리드 환기시스템은 부분적인 강제환기방식에 자연급배기를 합쳐놓은 개념의 환기방식으로 이는 엄밀하게 말해서 강제환기방식의 한 종류이지 하이브리드 환기방식이라 할 수 없다. 기

존에 이미 사용되고 있는 시스템에 대해서 자연급기 및 자연배기 되는 부분이 특히 강조된다고 해서 하이브리드라는 명칭이 붙을 수는 없다.

하이브리드 환기제어를 위해서는 우선 적정환기량의 범위를 설정할 필요가 있다. 적정 환기량범위란, IAQ적 측면 즉 거주자의 건강적인 측면을 고려하여 설정된 최소환기량과 냉난방부하에 대한 에너지적 측면을 고려하여 설정된 최대환기량을 기준으로 설정된 범위라 할 수 있으며, 대상건물의 환기량을 이 범위 내에서 유지하기 위하여 환기시스템이 제어된다. 봄철 및 가을철 등의 중간기와 같이 자연적인 환기구동력이 부족하여 환기량이 적정범위에 미치지 못하는 시기에는 급기 및 배기팬 등 보조적인 팬을 사용하여 적정 환기량을 확보할 수 있어야 한다. 또한, 내외온도차가 커지는 동절기와 같은 시기에는 필요이상의 환기가 발생할 수 있는데 이런 경우에는 댐퍼 등을 이용하여 과도한 환기가 발생하지 않도록 조절을 실시할 필요가 있다. 효과적인 하이브리드 환기제어를 위해서는 대상건물에 대한 기후환경적 조건을 정확하게 예측 및 분석하여 적정한 성능을 가진 보조팬 및 댐퍼 등의 설비를 선정하는 것이 매우 중요하다.

하이브리드 환기의 주요 구동력으로는 상기한 바와 같이 실내와 외기 간의 온도차 및 외부풍을 대표적인 것으로 들 수 있다. 실내의 온도차를 이용한 환기에서는 계절별 특성에 따른 비교적으로 안정된 환기량을 확보할 수 있다는 장점을 가지고 있어서 가장 대표적인 환기구동력으로써 이용될 수 있다. 한편, 외부풍의 경우에는 실내의 온도차와 비교할 때 매우 불안정하며 동일한 풍속조건에서도 풍향에 따라서 건물의 각부에 작용하는 풍압특성이 변화하게 되므로, 환기구동력으로 이용하기 위한 예측분석 및 이를 이용한 환기제어가 상당히 어렵다. 물론 연중 일정 범위 내에서 일정 수준의 외부풍이 발생하는 기후적 특성을 가진 지역에서라면 환기구동력으로써의 이용을 권장할 수 있지만, 이러한 경우가 아니라면 효과적인 하이브리드 제어를 위하여 차라리 외부풍의 영향을 최소화하는 것이 효과적일 수 있다는 의견이 제기되기도 한다. 실내의 온도차를 이용한 하이브리드 제어에 있어서도, 자연급기 및 자연배기를 위하여 설치된 개구부에 대한 외부풍의 영향으로



[그림 5] 하이브리드 환기시스템 사례(일본 동북대)

적정환기량의 제어가 어렵게 되어, 일부에서는 외부 풍의 영향을 최소화 할 수 있는 자연급배기구의 개발이 진행되는 있는 사례도 볼 수 있다. 연돌효과를 이용한 하이브리드 환기를 계획할 때 중요하게 고려되어야 하는 항목들을 아래에 정리한다.

- ① 환기동력부하의 최소화: 연돌효과에 따른 건물 내외부 압력분포특성 및 공기유동특성을 적절하게 활용하여 하이브리드 환기방식의 첫 번째 목적처럼 자연력을 환기구동력으로써 최대한 이용할 수 있어야 한다.
- ② 연돌효과 문제강도 증가방지: 연돌효과를 환기구동력으로 이용하는 데에 따른 연돌효과 문제점 발생강도 증가에 주의할 필요가 있다.
- ③ 환기에 의한 냉난방부하 절감: 지중 쿨링튜브 등을 적극적으로 도입하여 환기에 따른 난방 및 냉방부하증대를 최소화할 필요가 있다.
- ④ 쾌적한 실내환경조건 구현(IAQ): 연돌효과를 이용한 환기에 의해 특정부분의 실내환경조건이

악화되는 일이 발생하지 않도록 주의한다.

- ⑤ 건물의 방재성능에의 영향: 연돌효과를 적극적으로 이용하되 화재 등 비상시에 하이브리드 환기시스템 자체가 문제가 되지 않도록 주의해야 한다.

초고층건물의 하이브리드 환기를 계획할 때, 누기면적분포 및 기후조건 등 건물의 내외부적 특성을 명확히 예측 및 분석하지 않으면 효과적인 제어가 어렵게 되며, 경우에 따라서는 연돌효과에 의한 일반적인 문제점의 심화, 층간 환기 및 냉난방 불균형, 공조설비의 제어효율감소 등을 초래할 수 있다.

계절별 공조조건 등과 같은 건물의 사용방법 상의 특성 또한 중요한 검토항목에 포함되어야 한다는 것을 간과해서는 안 된다. 마지막으로, 초고층건물에서 하이브리드 환기를 가능하게 하기 위해서는 연돌효과 특성에 관한 이해와 연돌효과에 대한 정량적인 제어기술의 확보가 반드시 선행되어야 한다는 점을 강조하고 싶다. ●