

자연환기 설계의 이론과 실제



노 지 응

자연환기를 건물에 적용하는 주된 목적은 “실내 환경수준을 충족시키기 위해 필요한 초기투자 및 유지비용을 절감하기 위해서”이다. 따라서, 합리적인 환경계획을 수립하기 위해서는 “자연환기를 적용하는 것이 유효한가? 유효다면 어떤 전략을 채용할 것인가?” 하는 것이 계획단계에서 반드시 검토되어야 한다. 설계자는 합리적인 판단을 위해서 다양한 정보를 필요로 하게 되며 이 과정에서 다양한 해석도구가 이용될 수 있다. 본보에서는 자연환기 설계단계에서 요구되는 각종정보와 그 해석도구의 특성에 대하여 고찰해 보고자 한다.

자연환기의 특성

자연환기 계획과정의 기술적인 문제를 논하기 전에, 자연환기의 특성을 환경공학적 측면에서 재검토해 보고자 한다. 자연환기는 말그대로 자연력에 의해 공기의 교환이 이루어지는 것으로서 틈새를 통한 침기(infiltration), 누기(exfiltration)를 포함시켜 일컬어지기도 한다. 그러나 환기의 어원인 Ventilation이 “실내의 공기정화,또는 온열환경의 개선 등의 명확한 환경개선을 목적으로 하여, 거주자가 의도적으로 실내외공기를 교환하도록 행하는 것”을 의미하기 때문에 침기와 누기는 자연력에 의한 공기교환(air change)이지만 자연환기로 간주하기는 어렵다. 그런데 이러한 자연환기에는 한가지 뚜렷한 맹점이 있다. 예를들어, 겨울철에 거주자가 실내의 공기가 탁하게 느껴져서 창을 열어 환경개선을 기하였다. 그러나, 그 결과로서 외기로부터 오염

된 공기가 들어왔거나, 혹은 실내온도가 급격히 하강할 수도 있다. 이와같은 자연환기의 임의성은 당초의 의도와는 다른 역효과를 일으킬 수도 있는 것이다. 따라서,

자연환기 설계시에는 주의깊은 검토가 요구되며, 최근에는 자연환기의 제어성을 높인 적절한 시스템을 적용하는 사례가 늘고 있다.

자연환기 설계의 이론과 실제

자연환기는 건물과 그 건물이 위치한 지역적 특성에 따라 복합적으로 이루어지며, 실내공기 및 온열환경, 그리고 에너지비용과 밀접하게 관련되어 있다. 따라서, 자연환기를 적용하기 위해서는 제반환경을 고려하여 적용가능한 전략을 검토하고, 그 득과 실을 개관적으로 평가하는 과정이 선행되어야 한다. 이 과정에서 판단재료를 도출하기 위하여 다양한 해석도구(모델)가 이용되며, 이들의 신뢰도는 평가결과의 타당성을 좌우하게 된다.

현재까지 개발되어진 자연환기 해석에 이용가능한 모델은 크게 Macro Model과 Micro Model로 분류할 수 있으며, 각 설계단계에서 다음과 같이 이용될 수 있다.

Macro Model의 적용

Master Plan단계에서는 건축형태에 관한 사항이나 요구되는 환경수준 등이 설정된다. 이 단계

노 지 응 현대건설 기술연구소(jwno@hyundai-hdec.co.kr)

에서는 일반적으로 비용과 시간의 제약 때문에 Macro Model에 의한 간이적인 해석결과에 의해 환경계획을 행하게 된다. 이용가능한 Macro Model로서는 간단한 이론모델(공학모델)을 비롯하여 이를 발전시킨 네트워크 모델(Zonal Model) 등이 있다. 여기에서 사용되는 자연환기량에 관한 이론식은 개구부간의 차압과 개구특성의 관계로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$Q = VA = \alpha A \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad \dots(1)$$

또한, 개구부의 특성에 관련된 유량계수는 손실계수를 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\alpha = 1 / \sqrt{\xi} \quad \dots(2)$$

일반적인 개구부의 유량계수는 0.65~0.7 정도로 알려져 있다. 그러나, 이값은 보편적으로 적용가능한 값이 아니며 어디까지나 개구부의 형상에 의해 결정됨에 주의하여야 한다.

외기의 유출입을 고려할 때, 차압(Δp)은 유입구와 유출구간의 풍압과 온도차에 따른 구동력에 의하여 발생되며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{in} - P_{out} = \frac{(C_1 - C_2)\rho V_w^2}{2} \quad \dots(3)$$

$$P_{in} - P_{out} = (\rho_{in} - \rho_{out})(h_1 - h_2)g \quad \dots(4)$$

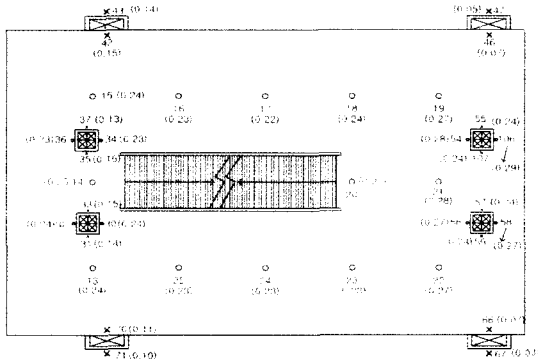
계획단계에서 이러한 차압을 예측할 수 있을까? 풍력환기량의 경우에는 각 개구부에서의 풍압계수, 참조풍속 등이 필요하고, 온도차 환기량은 실내온도 분포에 대한 정보가 필요하다. 이는 원칙적으로 모형실험이나 CFD해석 등과 같은 상세해석을 통해서 구해될 수 있으며, 상세해석에는 상당한 시간과 비용이 소요된다. 이러한 어려움때문인지 국내의 몇몇 설계사에서는 실내온도 일정을 가정하여 온도차 환기량을 산정하고, 심지어는 그 지역의 평균풍속과 개구면적의 곱으로 풍력환기량을 산출하기도 한다. 특히, 풍

력환기량의 구동력인 바람은 그 방향과 속도가 임의로 변화하기 때문에 자연환기 설계에의 적용을 더욱 어렵게 하고 있다. 국외에서는 AIVC를 비롯하여 설계단계에서 손쉽게 환기량을 검토할 수 있도록 체계적인 연구를 행하여 왔고, 그 결과로서 전형적인 일부 건물모델에 대하여 풍향, 건물형상이나 주변조건에 따라 각 개구부의 위치별 풍압계수 데이터 등을 계산 가이드로서 제시하고 있다. 이러한 연구는 꾸준히 진행되고 있으며, 보다 다양한 건물이나 주변조건에 대한 데이터들이 보완되고 있다. 따라서, 가능한 경우, 이러한 계산 가이드로부터 적절한 데이터를 참조하면 손쉽게 자연환기량을 산정할 수 있을 것이다.

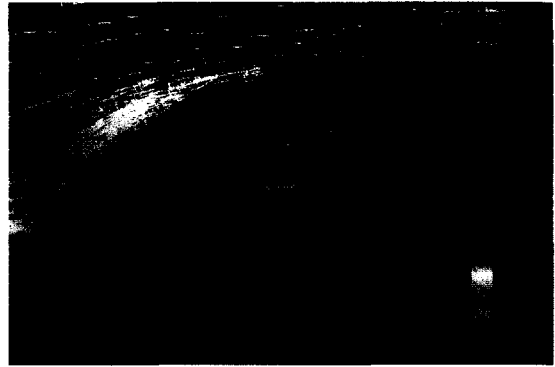
Micro Model의 적용

기본설계나 실시설계의 단계에서는 상세한 정보가 필요하게 된다. 이 단계에서는 자연환기구나 관련시스템의 위치나 크기, 풍량 등의 상세가 결정된다. 이때, Micro Model에 의해 건물내부의 온열·공기환경을 예측하고, 이를 토대로 양호한 기류분포, 온도분포가 형성되는지, 또한 공기질, 결로 등의 문제는 없는지를 검토하게 된다. Micro Model로서는 모형실험이나 CFD해석 등이 있으며, 이들은 평균 난류장을 지배하는 방정식(연속식, Reynolds 방정식, 에너지 방정식)에 기초하고 있다.

모형실험은 실물크기의 모델을 이용하는 경우는 거의 없고, 축소모델을 이용하는 것이 일반적이다. 축소모형을 이용할 경우, 실물과 모델간의 상사조건을 만족시켜야 하며, 이때의 상사조건은 공간내부의 기류, 온도장에 관한 것과 경계조건에 관한 것이 있다. 기류장의 상사조건은 평균 난류장을 지배하는 방정식을 무차원화하여 도출되는 무차원계수인 Re(레이놀즈數)와 Ar(아르키메데스數)를 일치시킴으로서 만족된다. 또한, 경계조건의 상사조건은 점근류의 분포를 일치시키거나, 혹은 열류의 평형식, 경계조건 등에서 추출된 속도, 풍량, 온도 등의 축률을 일치시킴으로서 만족된다.



〈그림 1〉 지하공간 개구부별 풍압계수(모형실험)



〈그림 2〉 건물주변의 풍속벡터(CFD 해석)



〈그림 3〉 풍력환기의 영향에 따른 건물내부 풍속벡터(CFD 해석)



〈그림 4〉 풍력환기 도입에 따른 실내 온도분포(CFD 해석)

CFD는 컴퓨터의 계산속도와 기억용량이 획기적으로 향상된데 힘입어 1950년대 이후에 등장한 이후 눈부신 성장을 거듭하여 현재에는 많은 상업용 프로그램이 개발, 보급되어 있다. 풍력환기를 계산할 경우, 주변영역을 포함하여 대상건물을 모델링하여 대상지역의 주풍향에 대한 연직 프로파일을 설정하여 계산을 실행하게 된다. 이때, 대상건물의 내부도 계산영역으로 설정하는 편이 보다 정확한 해석결과를 도출할 수 있다. 온도차에 의한 환기계산은 이보다 복잡한 과정이 필요하다. 계산영역은 대상건물의 내부에 국

한되나 경계조건의 설정에 따라 계산결과가 다르게 나타나기 때문에 합리적인 경계조건을 설정하기 위해서는 일사 및 복사계산과 같은 부수적인 계산이 요구된다. 풍력 및 온도차환기가 공존하며 공조가 행해지는 경우에는 CFD해석과 부수적인 계산도구를 이용한 적절한 연성기법이 요구된다.

“구슬이 서말이라도 꿰어야 보배”라는 속담이 있다. 자연환기 그자체는 구슬에 불과할 수 있다. 그러나, 합리적인 해석도구를 적절히 이용하여 꿰어진다면 우리에게 커다란 가치로 다가올 것이다.

〈기호설명〉

Q : 환기량 α : 유량계수
 V : 개구부 통과속도 P : 풍압력
 ξ : 압력손실 C : 풍압계수

V : 건물높이에서의 참조속도
 ρ : 공기밀도
 h : 개구부 높이