

주거용 건물 유형별 자연환기시스템의 최적 설계 및 해석

최 경 석^{1)*}, 정 영 선¹⁾, 강 재 식¹⁾, 이 승 언¹⁾, 정 영 용²⁾

1) 한국건설기술연구원 건축도시연구본부 건축계획·환경연구실
2) 선양스틸

An Optimized Design and Simulation Analysis of Natural Ventilation Window System classified by Apartment type

Gyeong-Seok Choi^{1)*}, Young-Sun Jeong¹⁾, Jae-Sik Kang¹⁾, Seung-Eon Lee¹⁾, Yeong-Yong Jeong²⁾

1) Building & Urban Research Division, KICT, Goyang, 411-712, Korea
2) Sun Yang STEEL, Chilgok, Kyungbuk, Korea

ABSTRACT: On account of Indoor Air Quality(IAQ) deterioration by reason of high insulation and air tightness for energy saving, absence of energy efficiency ventilation system development that can be domestic existing window system, the cost increase and the energy addition loss by mechanical ventilation for IAQ improvement, the ventilation obligation making design standard was prepared by a social and technical background and the necessity. In this study, an optimized design and simulation Analysis of natural ventilation window system classified by Apartment type was evaluated by CFD Computational analysis.

Key words: Natural Ventilation Window System(자연형환기시스템), Optimized Design(최적 설계), CFD(전산유체역학)

1. 서 론

최근 지속적인 에너지절약 시책의 강화로 건축법 등에서 건물 외피의 단열성과 기밀성능을 강화하고 있는 추세이며, 이러한 고단열, 고기밀화 추세로 인하여 창호의 단열 및 기밀성 수준은 향상되고 있지만 창의 주요 기능 중의 하나인 환기 기능에 있어서는 기술 개발과 대안이 매우 미흡한 실정임. 특히 주상복합건물과 오피스텔, 고층 사무소에서 충분한 환기가 이루어지지 않을 경우, 밀폐된 실내의 공기 질은 거주자의 건강에 심각한 위해 요인으로 주목받고 있다.

본 연구는 창문의 조망, 단열, 기밀성능을 저해하지 않으면서 일체식으로 결합될 수 있으며, 상시 연속환기가 가능한 환기구조에 의하여 시간당

환기횟수를 0.1~2회까지 미세조절이 가능하며, 어떤 창호에도 적용될 수 있는 개방형모듈 타입인 자연환기시스템에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 주거 유형 및 평형별로 해석을 진행하여 관련 법규 만족여부를 판단하여 자연환기시스템을 실제 건물에 적용할 수 있는 최적 설계(안)을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 자연환기(Natural Ventilation)

자연환기(natural ventilation)는 자연환기시스템과 같은 개구부를 통하여 인위적인 기계장치 없이 외부 공기가 실내로 유입, 유출되는 순환현상으로 공조를 필요로 하지 않거나 불가능한 공간에 대하여 효과적이면서도 에너지 절약적인 방법이다. 온화한 기후 지역 등에 있어서 온도와 오염물을 효과적으로 제어할 수 있으며, 특히 자연환기에 의한 온도조절은 기계적인 환기를 적용할 수 없는 경우 유일한 냉방의 수단으로써 종종

† Corresponding author
Tel.: +82-31-910-0309; fax: +82-31-910-0361
E-mail address: bear717@kict.re.kr

이용된다. 일반적으로 자연환기는 건물의 형태와 풍향, 풍속 등에 영향을 받으며 적절한 위치와 형태 설정이 중요한 변수가 된다. 따라서 원론적으로 빌딩 내 혹은 빌딩 전체에 대하여 다음과 같은 양을 알 수 있거나 산출할 수 있다면 환기량의 계산이 가능하다.

- 바람의 속도와 방향, 실온 및 실외온도
- 모든 개구부의 위치와 유동 특성
- 고려하고 있는 바람의 방향에 대한 건물 전체에 대한 압력 분포

하지만 실제로 이러한 모든 양을 정확하게 결정하는 것은 매우 어려운 일이며 이용 가능한 범위에서의 추정이 요구된다. 그러므로 설계에 적용할 수 있는 환기량은 실험을 통해 얻어진 환기량 산정 방정식 등에 의하여 수치를 추산하거나 모형 실험, 수치해석(CFD 해석) 등에 의하여 산출하여 이용할 수 있다.

3. 컴퓨터 시뮬레이션 개요

3.1 해석 이론

유동하는 유체에서는 일정한 형상이 없으므로 변형하는 형상 자체보다는 형상이 변화하는 정도가 중요한 의미를 가지게 된다. 따라서 유체에서는 변위의 시간에 따른 변화율, 즉 유동의 속도가 가장 중요한 의미를 가지게 되어, 이에 관한 물리적 현상을 질량보존과 운동량 보존에 근거한 Navier-Stokes 방정식으로 기술한다. 이 식은 층류에 대한 지배방정식으로 난류를 기술하기 위하여 속도와 압력을 시간평균값과 변동성분으로 분해하여, 이 식에 대입하면 단순히 확산항에 레이놀즈 응력항이 추가된 형태로 변형된다. 이항은 텐서의 대칭성을 고려하더라도 6개의 미지수를 포함하기 때문에, 해를 구하기 위해서는 미지수의 개수를 방정식의 수에 맞추어 줄이는 작업이 필요하다. 이것이 난류모델이 필요한 이유이며, 여기서는 가장 널리 사용되고 있는 표준난류모델을 적용한다.

3.2 해석 프로그램

본 CFD simulation에서는 기능성 복합창호 성능평가에서 SC/Tetra (V7)를 사용하였고, 기능성

복합창호 시스템 시뮬레이션에서 STREAM (v7)를 사용하였다. 이 소프트웨어들은 일본에서 '84년부터 개발되어 현재 기계 및 건축환경 분야에서의 열유동해석에서 널리 사용되는 범용 CFD 소프트웨어이다.

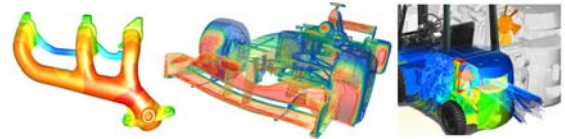


그림 1. SC/Tetra를 적용한 해석 분야사례

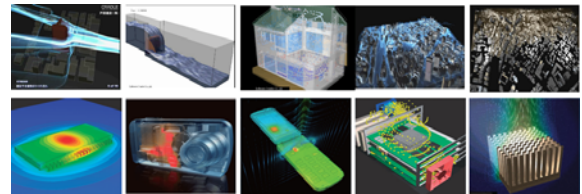


그림 2. STREAM을 적용한 해석 사례

3.3 해석 프로세스

공동주택 단지는 다양한 구조의 단위 세대가 주동의 배치에 따라 서로 다른 방향으로 배치되어 있어 특히 단위세대의 외피에 작용하는 풍압 조건 등 자연환기에 따른 환기량을 해석하기 위한 경계조건이 각각 상이하며, 또한 단위세대 내부의 기류 유동에 있어서도 유닛 타입에 따라 다른 양상을 나타나게 된다.

본 해석에서는 자연환기시스템 설치 계획별 환기 효율성에 대한 평가를 하고자 동일한 단위세대 및 외부 조건에 대하여 해석하였으며, 해석 프로세스는 다음과 같다.

- ① 자연환기시스템 단품 시뮬레이션을 통하여 환기창호의 압력손실계수 등의 성능을 계산한다.
- ② 해석 영역의 풍향 및 풍속 data를 해석 시 경계 조건으로 입력된다.
- ③ 건물 외부 유동에 의한 실내 환기량 변화를 고려하기 위하여 건물의 외부형상을 포함한 단위세대를 모델링한다.
- ④ 각각의 단위 세대의 내부를 해석하기 위해 건물 내 외부의 경계에 자연환기 장치의 형상을 다공성 모델링을 사용하여 설정하고 단지와 단위세대를 함께 3차원 모델링하여 해석을 수행한다.
- ⑤ 각각의 자연환기시스템 설치 타입별 해석 결과를 통해 관련 법규기준 만족여부를 판단한다.

4. 자연환기시스템 단품 해석

건물 적용시 자연환기시스템을 통한 공기 유동의 특성을 분석하기 위하여 외부 풍속변화에 따른 유니트 단품에 대한 압력손실, 풍속, 기류분포에 대한 해석을 수행하였다. 해석은 실외형과 실내형 두가지 타입에 대하여 실시하였다.

4.1 실외형 자연환기시스템

실외형 유니트에 대한 해석은 외부풍속 0.1, 0.5, 1.0 m/s의 조건에서 압력손실계수를 분석하였으며, 메쉬구성은 약 3천만개의 element와 약 7백만개의 node로 구성하였다.

해석결과는 다음 그림 4와 같이 계산되었으며 0.1 m/s에서 0.68 Pa, 0.5 m/s에서 13.39 Pa, 1.0 m/s에서 51.08 Pa의 압력분포를 나타내었다. 그림 5는 외부풍속 1.0m/s에서 압력, 풍속, 기류분포를 나타낸다.

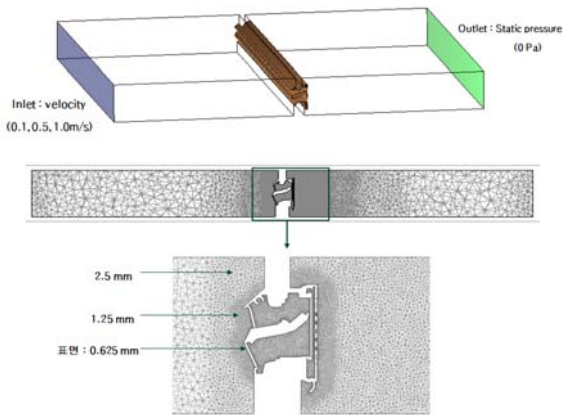


그림 3. 해석모델 및 경계조건

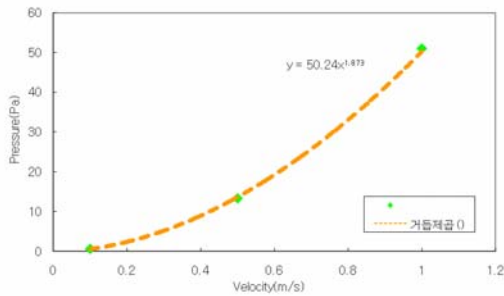


그림 4. 실외형 자연환기시스템 해석 결과

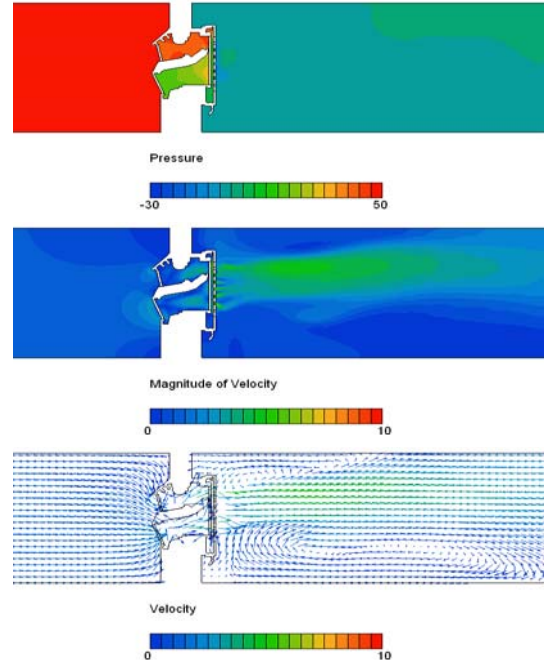


그림 5. 실외형 자연환기시스템 해석결과(1.0 m/s)

4.2 실내형 자연환기시스템

실내형 유니트에 대한 해석결과는 그림 7과 같이 분석되었으며, 0.1 m/s에서 0.69 Pa, 0.5 m/s에서 13.48 Pa, 1.0 m/s에서 50.09 Pa로 실외형과 거의 동일한 결과를 나타내었다. 이는 최소 설치 길이로 관련 기준을 만족하기 위하여 개구율을 최대로 실내/외부형을 설계한 결과로 사료된다.

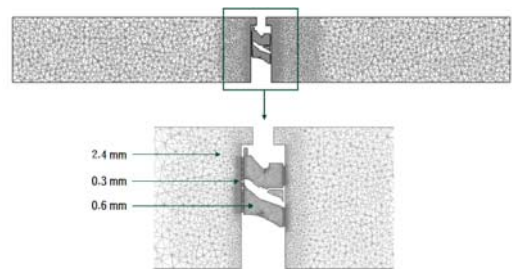


그림 6. 실내형 자연환기시스템 해석모델

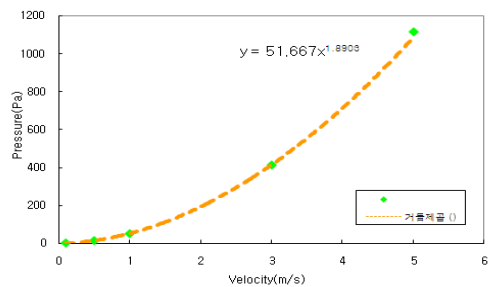


그림 7. 실내형 자연환기시스템 해석 결과

5. 자연환기시스템 적용 공동주택 환기 성능 분석

실외형 및 실내형 자연환기시스템 유니트에 대한 단품해석을 통하여 압력손실계수를 적용하여 자연환기시스템을 적용한 공동주택 모델을 대상으로 하여 환기성능을 해석하였다.

CFD 시뮬레이션 조건 및 경계조건은 격자계는 cartesian mesh를 적용하였고, 지배방정식을 이산화하기 위해 유한 체적법(FVM)을 사용하였다.

기상조건은 정남향에서 1.0 m/s 속도 실내로 유입되며, 실내온도는 20 °C, 실외온도는 -2 °C로 설정하였다. 해석은 먼저 전용면적 84m²의 공동주택을 대상으로 수행하였다. 분석조건은 창호별 자연환기시스템 적용위치 및 배기팬 가동 여부에 따라 총 7가지 조건으로 분석을 실시하였다.

침실1, 침실2 그리고 거실은 외기와 바로 접해 있어 직접환기가 가능하도록 설계되었다. 그리고 침실3은 외기와 발코니가 같이 접해있다.

구성된 각 실을 중심으로 환기 계획이 수립되었고 침실1과 거실 그리고 발코니1을 통해 들어온 외기는 현관과 발코니2 침실2를 통해 배기되도록 설계되었다.

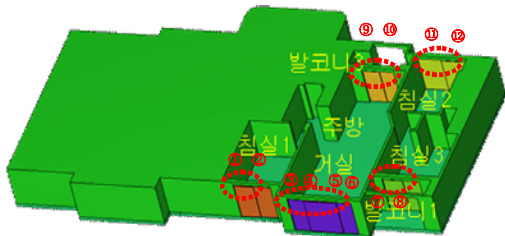


그림 8. 자연환기시스템 설치 조건(CASE 1)

해석결과, 자연환기시스템 유니트별 유동유량은 다음 표 1과 같다.

총 환기량은 154.2 m³로 분석되었으며, 실내 체적 212.81 m³를 고려하면 약 0.72 ACH의 환기횟수를 나타내었으며, 통상적인 공동주택의 약 2.0 ACH 정도의 침기량을 고려하면 0.92 ACH 정도의 실제 환기성능을 나타낼 것으로 사료된다.

Table 1. CASE 1 각 환기시스템별 유동유량 (단위: m³)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
유입	25.38	25.46	19.92	19.13	18.26	18.10	13.89	14.06	-	-	-	-	154.20
유출	-	-	-	-	-	-	-	-	28.34	28.97	48.60	48.35	154.26



그림 9. 분석조건별 자연환기시스템 설치

Table 2. CASE별 환기성능 분석결과 (단위: m³)

Case	Case2	Case3	Case4-가	case4-나	case5-가	case5-나
총 환기량	65.35	65.18	86.62	83.53	149.19	127.60
체적	212.81	212.81	212.81	212.81	212.81	212.81
환기횟수	0.31	0.31	0.41	0.39	0.70	0.60
침기량	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
총 환기횟수	0.51	0.51	0.61	0.59	0.90	0.80

6. 결론

본 연구는 자연환기시스템에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 주거 유형 및 평형별로 해석을 진행하여 관련 법규 만족여부를 판단하여 자연환기시스템을 실제 건물에 적용할 수 있는 최적 설계(안)을 제시하기 위하여 실내/실외형 환기시스템 유니트에 대한 단품 해석을 통한 압력손실계수를 계산하여, 공동주택 적용시 환기시스템을 통한 유동유량을 측정하여 각 조건별 환기성능을 분석하였다.

향후 설치조건에 대한 최적 설계를 통하여 다양한 평형별 환기성능 분석을 진행할 계획이다.

참고문헌

1. 강제식 외, 공동주택의 자연환기성능 향상에 관한 기초 연구, AIK 학술발표대회 논문집, 2006
2. 조수 외, 창의 틈새바람이 건물의 난방부하에 미치는 영향, AIK 논문집, 16권 3호, 2000.
3. 대한주택공사 주택연구소, 공동주택의 환기개선 및 적정 환기량 산정 연구, 1996.
4. 산업자원부(한국건설기술연구원), 기능성 복합장호시스템 기술 연구보고서, 2007.
5. 대한주택공사 주택도시연구원, 공동주택의 실내 공기환경 개선방안 연구(3), 2004