

환기용 부스 설계 최적화 검증

장 호 준*

¹충남대학교 항공우주공학과

실제 환풍용 팬의 수치를 이용하여 환기용 부스의 형상에 대한 내부 유동의 변화 양상과 유동의 정상상태에 따른 해석결과 비교를 수행하였다. 벽면이 기울어진 형상이 직사각형 형상의 부스에 비해 나은 내부 흐름을 보여 환기용 부스에 더 적합한 형상임을 확인할 수 있었다. 비정상 유동과 정상 유동은 해석 결과에서 다소 차이를 보였으며, 이는 차후 실험을 통해 검증할 예정이다.

Key Words : 전산유체역학(CFD), 정상유동(Steady Flow), 환기(ventilation), 정상 유동(Steady flow), 비정상 유동(Unsteady flow)

1. 서론

일상생활 및 실험 및 작업환경에서 발생하는 분진 및 유독성 기체는 불쾌감, 호흡기 질환, 작업효율 하락 및 결과물의 질 하락 등의 악영향을 유발할 수 있다. 한편 작업공간이 밀폐되었거나 환기 중 외부 물질이 유입될 수 있는 등의 이유로 자연환기 방식을 사용할 수 없는 경우 송풍장치를 이용한 강제 환기가 필요하다. 본 연구에서는 환기용 부스의 작업 공간 형상에 따른 환기 효율 및 일부 해석 조건이 결과 변화에 미치는 영향에 대한 분석을 진행하였다.

저속의 유동에 대해 해석하므로 비압축성 유동 해석자를 사용하고 난류 유동으로 설정하였다. 차후 실험과의 비교를 위하여 비정상 및 정상 유동 조건에서의 해석을 모두 수행하기로 하였다.

2.2 격자 생성

EDISON에서 제공하는 격자 생성 프로그램인 eMEGA를 이용하여 지오메트리 작성, 격자 생성 및 경계조건 설정을 진행하였으며, 해석 속도 향상 및 격자 작성 편의를 위하여 대칭형 경계조건을 사용하였다.

2. 본론

2.1 해석 조건 설정

환기 부스를 통과하는 유동의 속도는 실험에 사용할 환풍팬인 'Evercool EC12025L05EA'[1]의 cfm(cubic feet per minute)을 면적으로 나눈 값인 3m/s로 정하였으며, POINTWISE에서 제공하는 y+ 계산기를 통해 해수면 대기 조건에서의 레이놀즈수와 첫 격자 간격(wall spacing)을 계산하였다. 이와 기타 해석의 조건은 Table 1과 같다.

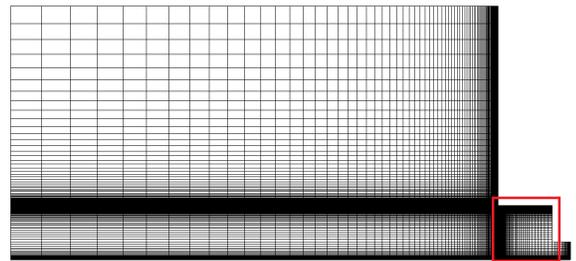


Fig 1 Basic shape mesh

Table 1 Analysis condition

speed(m/s)	ds(m)	Re
3	1.04e-5	200000
Flow type	Steadiness	Solver
난류	정상/비정상	2D_Incomp_P

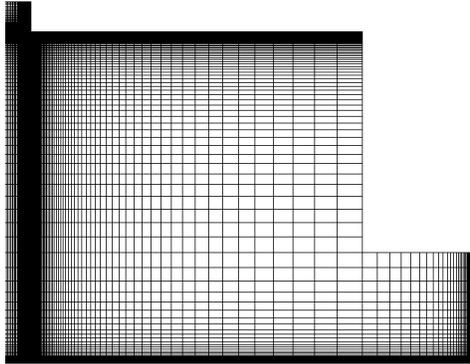


Fig 1.1 Sloped shape mesh, magnified

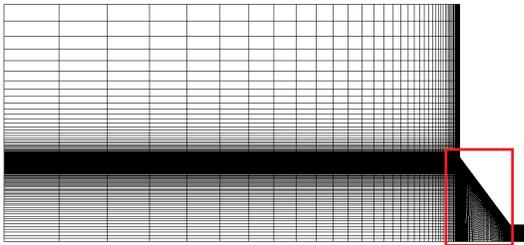


Fig 1.2 Sloped shape mesh

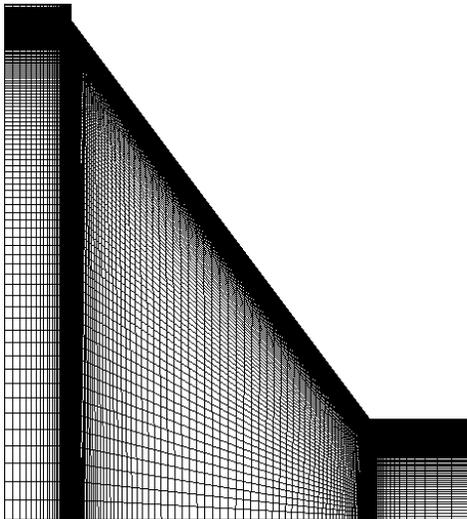


Fig 1.3 Sloped shape mesh, magnified

Fig 1에 나타난 기본형 격자의 블록 수는 6개, Fig 1.1의 작업영역이 경사진 격자의 블록 수는 4개이다. 본 연구에서

관심있는 영역은 빨간색 사각형 안의 ‘작업 영역’이며 이를 확대한 것이 Fig1.1.과 1.3이다. 작업 영역의 면적은 두 격자에서 모두 동일하게 설정하였으며, 바깥의 격자들은 해석의 수렴성을 보장하기 위한 외부 영역이다.

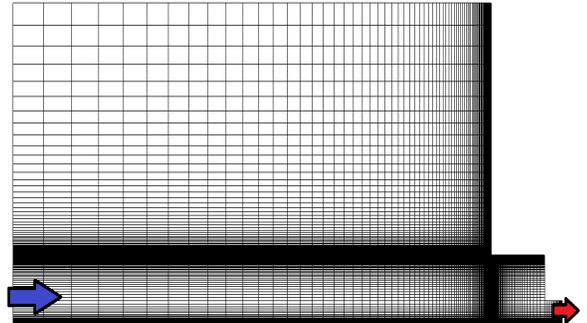


Fig 2 Flow boundary condition

환기용 부스는 일반적으로 환기구에 팬이 설치되어 Fig. 2의 빨간색 화살표처럼 공기가 빨려 들어가는 형태로 유동이 진행되어야 하나, 이를 모사하는 경계조건을 설정할 경우 해석이 제대로 진행되지 않아 파란색 화살표처럼 작업 영역 바깥에서 환기구를 향해 유동이 들어오는 형태로 경계조건을 설정하였다.

2.3. 해석 수행 및 결과

EDISON에서 제공하는 후처리 프로그램인 eDAVA를 이용하여 각 해석 결과에 대한 수렴성 검증 및 후처리를 진행하였다. 모든 해석 결과는 Fig 3과 같이 수렴하였다. 속도 변화에 대한 범례는 Fig 4와 같다.

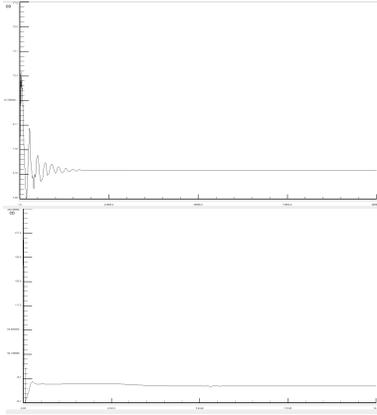


Fig. 3 CD convergence graph

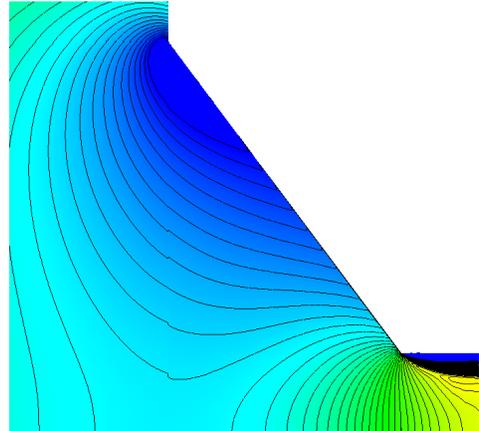


Fig 6 u contour of sloped shape, steady condition

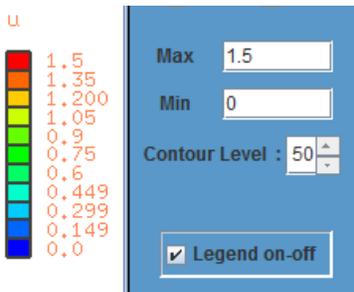


Fig. 4 Contour Legend

Fig 5는 기본형 형상의 속도 변화를, Fig 6은 경사진 작업 영역 형상의 속도 변화를 보여주고 있다. 기본형의 경우 작업 영역 우 상단 모서리에서 유동의 속도가 거의 0에 가깝게 정체하는 구역이 생긴 것을 볼 수 있으며, 이는 해당 영역에 있는 분진이나 기체가 부스 밖으로 거의 나가지 않는다는 것을 의미한다. 또한 작업 영역과 외부 영역의 경계에서 발생하는 와류도 경사진 형상에서 덜한 것을 볼 수 있다.

2.3.1 정상 유동

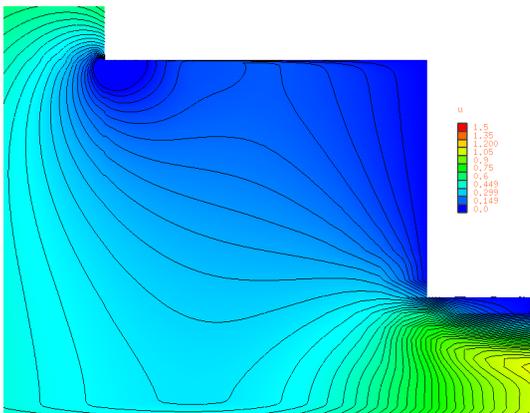


Fig 5 u contour of basic shape, steady condition

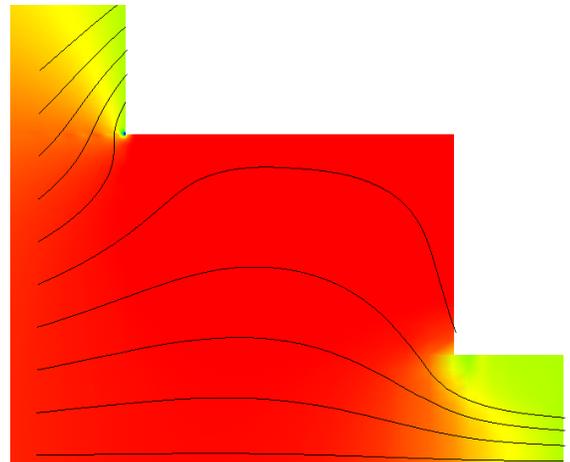


Fig 7 Streamline of basic shape, steady condition

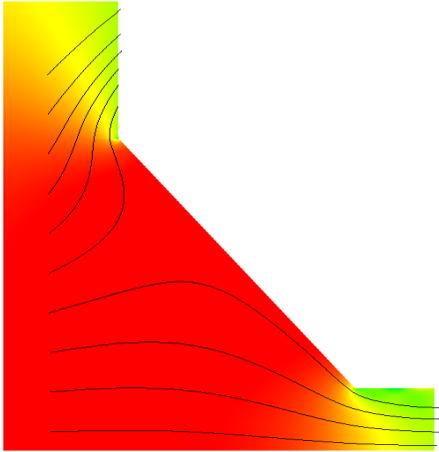


Fig 8 Streamline of sloped shape, steady condition

Fig 7과 8은 각각 기본형과 경사진 형상에서의 압력변화와 유선 흐름을 보여주고 있다.

2.3.2 비정상 유동

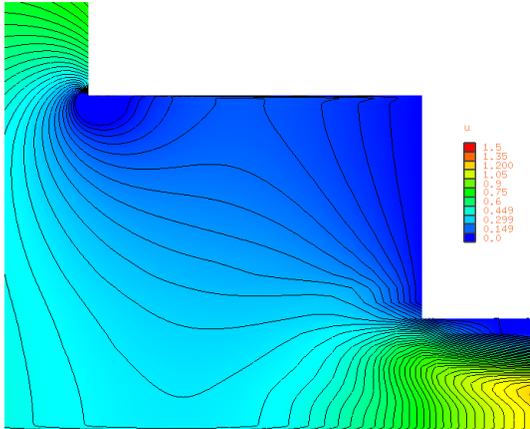


Fig 9 u contour of basic shape, unsteady condition

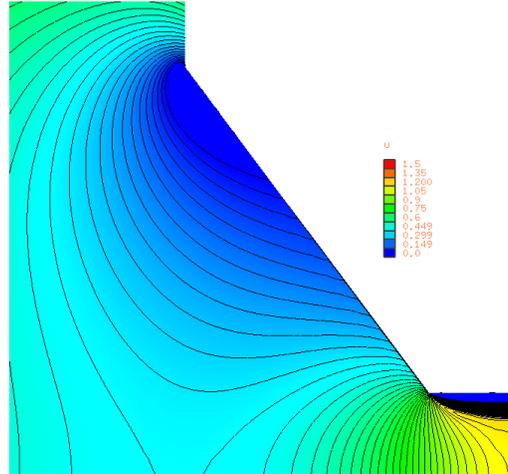


Fig 10 u contour of sloped shape, unsteady condition

Fig 9은 비정상 유동 조건에서 기본형 형상의 속도 변화를, Fig 10은 경사진 작업영역 형상의 속도 변화를 보여주고 있다. 정상 유동과 경향성은 같으나 값의 변화량은 조금 작은 것을 Contour line 사이의 간격에서 알 수 있다.

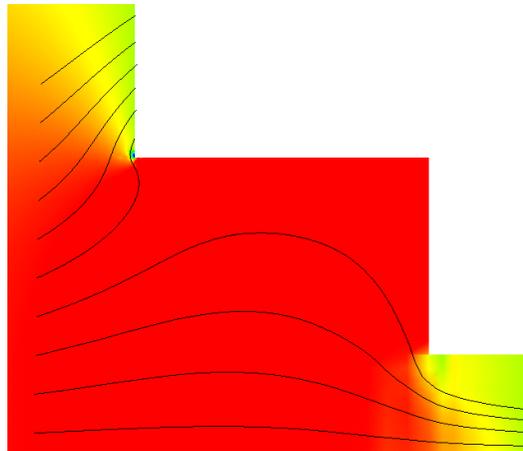


Fig 11 Streamline of basic shape, unsteady condition

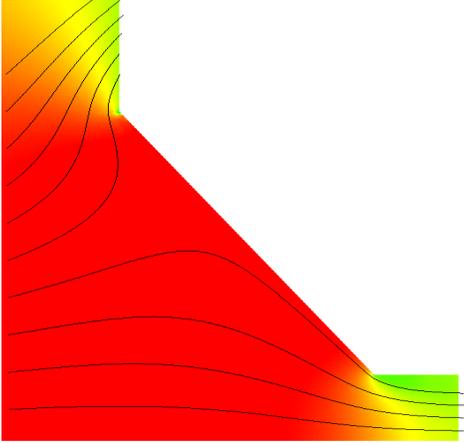


Fig 12 Streamline of sloped shape, unsteady condition

Fig 11과 12는 각각 기본형과 경사진 형상의 압력 변화와 유선 흐름을 나타낸다. 특히 기본형에서 정상유동 조건과 유선의 모양이 다른 것을 볼 수 있다.

3. 결 론

해석 결과, 작업영역이 경사진 형상에서 환기구를 통과하는 동안의 에너지 손실이 더 적고 유동이 작업영역 전체를 흘러 환기효율이 높아지는 것을 해석을 통해 확인할 수 있다. 한편 정상유동 조건과 비정상유동 조건에 따라 해석 결과가 다소 다르게 나오는 것을 확인할 수 있으며 차후 실험을 통해 두 해석 결과 중 어느 것이 더 실제와 가까운지 검증할 수 있을 것이다.

후 기

본 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 첨단 사이언스·교육 허브 개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2016M3C1A6937383)

References

[1] <http://www.evercool.org/>