

# 자유류와의 분사 압력비와 분출구 형상에 따른 공기 우산 효과 연구

황재민<sup>1</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 항공우주공학과

기존 우산의 단점을 보완한 발명품, 공기우산이 개발되었다. 하지만 공기우산의 단점인 짧은 사용시간을 보완하기 위해 강우량에 따라 적절하게 공기 분사압을 변화시키는 것뿐만 아니라 공기우산의 사용인원의 조절을 위해 압력비와 분사구 형태에 따른 우산의 효과를 알아보는 것이 실 사용에 중요한 요소일 것이다. 이에 따라 본 연구에서는 우산 앞 부분의 분출구 형상과 자유류와의 분사 압력비에 따른 자유류의 방어 능력을 확인해 보았다. 평면 분사구에서 압력비가 1.3, 1.5인 구간에서는 우산의 효과를 나타낼 수 없었고 압력비가 1.5인 구간부터 삼각형 분사구와 육각형 분사구에서 우산의 형태가 나타남을 알 수 있었다. 압력비가 2.0인 구간에서 육각형 분사구의 경우 통상적인 우산의 형상을 보이기 시작하는 것을 알 수 있다.

**Key Words** : 역분사 유동(Counter Flow), 전산유체역학(CFD), 비정상유동(Unsteady Flow)

## 1. 서 론

최근 많은 발명품들은 기존 존재했던 대상의 역할을 공학 적 지식을 활용하여 본래의 역할을 가지며 기존의 불편함을 제거하는 경우가 많다. 대표적으로 공기우산은 현재는 배터리를 통한 전력원 제공에 따른 제한적인 사용 시간, 모터로 인한 소음 등의 문제점이 있으나 공기를 분사함으로써 기존 우산의 접고 펴는 불편함, 사용 후 빗물이 묻어있는 불편함 등의 해소와 시야 확보의 장점을 가지고 있다. 그러나 이는 배터리의 효율성을 위해 강우량과 사용인원에 따른 공기 분사 압력을 달리하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구는 자유류와의 분사 압력비 차에 따른 공기 우산의 효과를 알아보고 현재는 기술력의 한계로 개발이 중단된 상태이나 역분사 유동을 통해 자유류를 막을 수 있는지 확인해 보고자 한다.



Fig. 1 공기 우산의 기본 이론

## 2. 본 문

### 2.1 형상 정의

발명된 공기우산은 Fig.1에서 볼 수 있듯이 손잡이 부분에서 공기를 흡입하여 위쪽에 공기를 내뿜어 비를 막는 원리이다.[1] 블레이드를 회전시켜 공기의 흐름을 만들어 공기를 흡입하고 방출한다. 본 연구의 목적은 자유류 대비 공기 방출 압 및 공기 분출구 형상에 따른 효과를 알아보기 위한 것으로 공기의 흡입구 및 내부 장치는 고려하지 않고 분사구만을 묘사하였으며 이는 Fig. 2-3와 같이 단순화한 형상으로 표현될 수 있다.

### 2.2 해석 격자 생성 및 case 정의

전처리기 eMEGA를 통해 가로 1 세로 0.1의 크기를 갖는 전체 형상을 만들고 바깥쪽 경계는 우산에서 방출하는 공기의 압력비에 따라 주변 유동의 변화를 확인하기 위해 우산 대 길이의 위아래 뒤로 50배, 앞으로 80배의 크기를 가지도록 H-type 격자로 구현 하였으며 8개의 block과 약 64000개의 cell을 갖는다.[2]

우산 표면은 viscous adiabatic wall, 블록간 연결부위는 block communication, 분출구는 pressure outflow, 최외곽은 far field로 경계조건을 지정하였다. Flow outflow의 경우, 자유류와의 압력비 변화를 통해 우산 본체에서 분출되는 압력을 구현하였다[4-5]. Fig. 4와 같은 평면 분사구의 선형 해석을 통해 Fig. 5와 같이 자유류와의 압력비가 1.5이상에서 자유류의 방어를 확인할 수 있었으며 압력비 1.3에서는 분출 양상을 거의 보이지 않았기에 실 공기 우산의 형상인

삼각형 분사구와 육각형 분사구의 경우 압력비 1.5와 1.6의 압력 case를 설정하였다.

또한 확실한 우산의 효과를 보기 위해 압력비가 2.0인 case도 확인해 보았다.

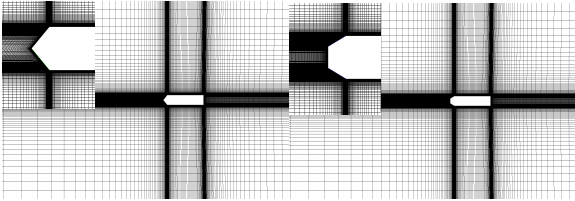


Fig. 2 삼각형 분사구 형상 및 주변 격자 Fig. 3 육각형 분사구 형상 및 주변 격자

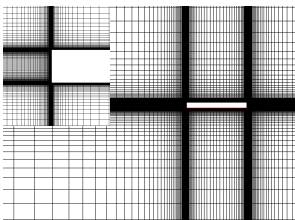


Fig. 4 평면 분사구 형상 및 주변 격자

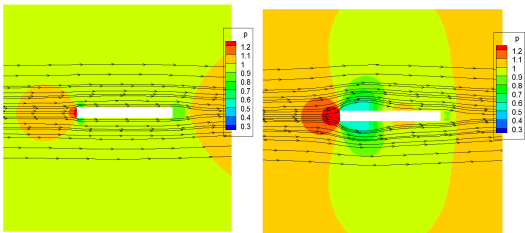


Fig. 5 평면 분사구 압력비에 따른 유선 1.3(좌), 1.5(우)

Table 1 유동 조건

Re. No.	CFL No.	Error tolerance	Flow type	Steadiness
670000	0.1	0.000001	Turbulent $k-\Omega SST$	Unsteady

### 2.3 해석자 선정 및 유동 조건

우산의 경우 지표면에서 활용되기에 기본 대기 조건을 활용하였으며 본교 소재지 대전의 지난 30년간 10월 평균 풍속인 1.5m/s를 자유류로 설정하였다.[3] 본 유동현상의 해석을 위하여 해석자는 2차원 정렬격자기반 비압축성 해석자와 압축성 해석자를 활용하였으나 압축성 해석자의 경우, 해석 과정에서의 발산 문제로 확인할 수 없었다.

## 2.4 해석 결과

### 2.4.1 압력비에 따른 해석 결과

Fig. 6은 삼각형 분사구에서 압력비가 1.5일 때 우산대 주변의 자유류의 흐름을 나타낸 결과이며, Fig. 5는 육각형 분사구에서 압력비가 1.5의 경우 주변 자유류의 흐름을 나타낸 결과이다. 삼각형 분사구의 경우 분사구 끝에서 압력분포가 매끄럽지 않는데 이는 압력이 면에서 수직으로 방출되어 이러한 결과가 나타난 것으로 보인다. 이는 압력비가 커지면 자연스럽게 사라질 것이다. 또한 유선의 모습을 통해 동일 조건에서 육각형 분사구의 경우, 미세하게나마 넓은 범위의 유동을 막을 수 있는 것을 알 수 있다.

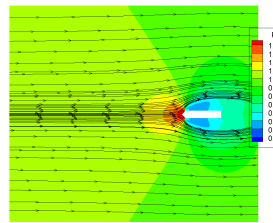


Fig. 6 압력비 1.5의 삼각형 분사구 주변 유동

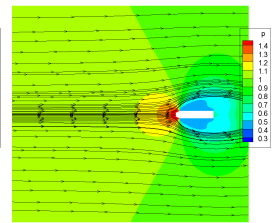


Fig. 7 압력비 1.5의 육각형 분사구 주변 유동

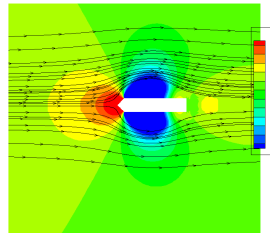


Fig. 8 압력비 1.6의 삼각형 분사구 주변 유동

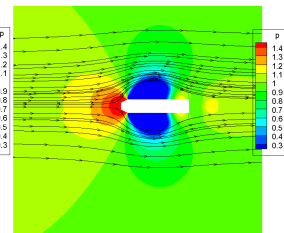


Fig. 9 압력비 1.6의 육각형 분사구 주변 유동

Fig. 6은 삼각형 분사구에서 압력비가 1.5일 때 우산대 주변의 자유류의 흐름을 나타낸 결과이며, Fig. 5는 육각형 분사구에서 압력비가 1.5의 경우 주변 자유류의 흐름을 나타낸 결과이다. 삼각형 분사구의 경우 분사구 끝에서 압력분포가 매끄럽지 않는데 이는 압력이 면에서 수직으로 방출되어 이러한 결과가 나타난 것으로 보인다. 이는 압력비가 커지면 자연스럽게 사라질 것이다. 또한 유선의 모습을 통해 동일 조건에서 육각형 분사구의 경우, 미세하게나마 넓은 범위의 유동을 막을 수 있는 것을 알 수 있다.

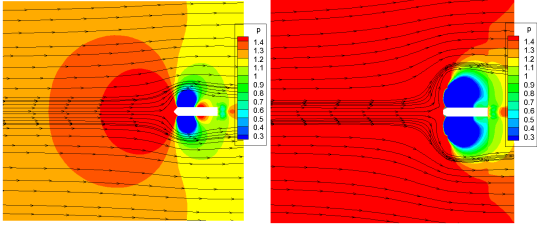


Fig. 10 압력비 2.0의 삼각형 분사구 주변 유동      Fig. 11 압력비 2.0의 육각형 분사구 주변 유동

Fig 8과 Fig9는 압력비 1.6에 대한 결과이다. 압력비 1.5에 비해 유선의 움직임이 통상적으로 생각하는 우산의 형태에 더 가까운 것을 볼 수 있다. 하지만 압력비 1.5와 달리 삼각형 분사구에서 우산 안에서 압력이 가장 낮은 부분이 넓게 분포하는 것을 알 수 있다. 또 우산의 윗 부분의 압력 또한 예상과 다르게 삼각형의 분사구에서 더 넓게 분포한다는 것을 알 수 있다.

Fig 10과 Fig11은 압력비 2.0에 대한 결과이다. 압력비 2.0인 곳에선 삼각형 분사구보다 육각형 분사구가 더 넓은 범위의 비를 막을 수 있다. 또한 Fig 10에서 보듯 우산 아래쪽에 압력이 높아지는 부분이 있다는 것을 알 수 있다. 이는 공기 우산을 사용하는 사람들에게 불편함을 줄 것으로 예상되며 육각형 분사구에서는 우산 아래쪽에는 압력이 높아지는 부분이 없다는 것을 알 수 있다. 물론 압력비가 커짐에 따라 압력이 고압력 부분이 좀 더 아래로 이동할 것으로 예상되나 현재의 유동조건과 압력비가 2.0 인 경우에는 육각형 분사구를 사용하는 것이 이용자의 편의를 위해 좋을 것으로 판단된다.

#### 2.4.2 제약 사항

본 연구는 우산의 역할에 대한 연구이나 실제 다상 유동 및 시스템 구현에 대한 에디슨 시스템의 한계가 있으므로 단 순히 공기에 대한 저항을 고려하였다. 이에 따라 실제 비를 피하기 위한 우산 개발에는 유동 조건 및 본 연구에 제시된 변수 외에 추가적인 환경 변수들이 고려되어야 할 것이다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 EDISON 전산열유체 시스템을 이용하여 우산에서의 분출 압력비에 따른 자유류의 유동을 분석해 보았다. 사전작업으로 분출구 형상이 평면인 케이스를 압력비를 1.0에서 점차 증가하며 해석하였으며 압력비가 1.5의 경우에서부터 자유류의 진행을 막는 양상을 띄기 시작함을 확인하고 이후 삼각 분출구와 육각 분출구에 대한 해석을 진행하였

다. 압력비가 커질수록 통상적으로 우리가 필요로하는 우산역 할의 범위가 커지는 것을 알 수 있으며 삼각형 분사구일 경우보다 육각형의 분사구일 경우 더 넓은 범위에서 비로부터 사람을 보호 할 수 있음을 확인하였다. 실제 적용을 위해서는 전력 문제나 압력 출력을 위한 장치의 소형화 등의 문제가 발생할 수 있으나 실제 제시된 공기우산의 역할을 확인하기 위해서 설계 형상 및 유동 조건을 실 환경에 맞게 설정한다면 설계자의 의도에 맞는 결과를 도출할 수 있을 것으로 생각된다.

또한 자유류의 속도를 달리 주어 더 많은 case를 만든다면 강우량에 따른 효율적인 압력비를 사용할 수 있을 것이다. 이는 배터리의 효율을 높혀 사용시간의 증가에 영향을 줄 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] 2002, Richard Darell, concept of an invisible umbrella, <http://www.bitrebels.com/technology/airblow-2050-invisible-umbrella>
- [2] eMEGA manual, <https://cfd.edison.re.kr/>
- [3] 기상청, <http://www.kma.go.kr/>
- [4] 2D\_Incomp\_P-2.0 사용설명서, <https://cfd.edison.re.kr/>
- [5] 2D\_Comp\_P-2.0 사용설명서, <https://cfd.edison.re.kr/>