

유동 방향으로 나열된 두 실린더 사이의 간격에 따른 공력특성 분석

이 종 윤¹, 김 정 훈²

¹충남대학교 항공우주공학과

교량의 케이블이나 송전선같은 원형 구조물들은 유동의 불안정성에 의해 물체 후방에 Vortex가 발생한다. 이렇게 발생한 Vortex는 구조물에 진동과 소음을 발생시키게 된다. 본 연구에서는 이러한 원형 구조물들의 배열에 따른 해석을 진행하였다. 같은 크기의 두 원형 실린더를 주 유동 방향으로 정렬시킨 배열을 EDISON 전산열유체 시스템을 이용하여 해석하였다. 두 원형 실린더의 중심의 거리를 1.5D부터 5D까지 변화시켜가며 거리에 따른 각 실린더의 Drag coefficient에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다. 두 원형 실린더 사이의 거리가 감소할수록 후류 쪽에 위치한 실린더의 Drag coefficient의 값이 감소하는 양상을 보였다.

Key Words : 전산유체역학(CFD), 정상유동(Steady Flow), 원형 실린더(Circular Cylinder), 항력(Drag)

1. 서 론

원형 실린더 주위의 유동 특성은 공학적으로 많은 관심의 대상이 되고 있다. 따라서 다양한 배열의 원형 실린더 주위의 흐름을 조사하기 위해 많은 연구가 수행되어왔다.

원형 구조물들의 상대적인 위치에 따른 유동 및 항력·양력 변동으로 인한 유동 불안정성에 의해 물체 후방에 Vortex가 발생한다. 이렇게 유동의 변화와 생성된 Vortex에 의해 물체 주위의 압력이 변동하게 되고 압력 변동은 구조물에 진동과 소음을 일으키는 원인으로 작용하게 된다.

각 실린더의 후류는 인접한 다른 실린더 후류와의 상호 간섭으로 인하여 유동 특성이 변하게 되는데, 본 연구에서는 주 유동 방향으로 나열된 두 개의 실린더의 유동 특성을 Re 100에 대하여 EDISON 전산열유체 시스템을 이용하여 분석해보았다.

2. 본 론

2.1 Case의 설정

본 연구에서는 같은 크기의 실린더를 주 유동 방향으로 나열한 두 개의 실린더 사이의 간격에 따른 해석을 진행하였다. 실린더의 지름은 1로 고정시켰고, 두 실린더가 겹치거나 접하는 거리는 진행하지 않았다. 두 실린더의 중심 사이의 거리를 $L = 1.5D \sim 5D$ (혹은 $L^* = L/D = 1.5 \sim 5$)로 거리를 증가시켜가며 분석을 진행하였다.

계산영역은 $R_{front} \times R_{back} \times R_{height}$ 에 $15D \times 15D \times 15D$ 이고 Fig 1과 같은 모습이다.

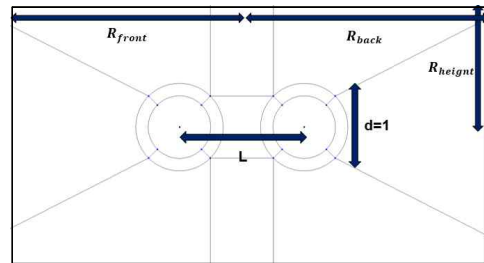


Fig. 1 Two-cylinder definition

2.2 격자의 생성 및 경계 조건

본 연구에서 사용된 격자는 EDISON에서 제공하는 격자 생성프로그램인 eMEGA v3.4를 이용하여 제작을 하였다. 격자의 형태는 Fig. 2와 같이 H-형 격자이며, 정렬격자로 제작을 하였다. 격자수는 각 실린더 주위 원의 영역안에는 400×50 개로 고정시키고, 실린더 사이의 간격 크기에 따라 격자수를 변화시켜 총 격자수 10만 9천 ~ 13만 여개로 해석을 수행하였다. 경계조건은 실린더는 Viscous adiabatic wall로, 최외각의 경계조건은 Far-Field로 설정하였다.

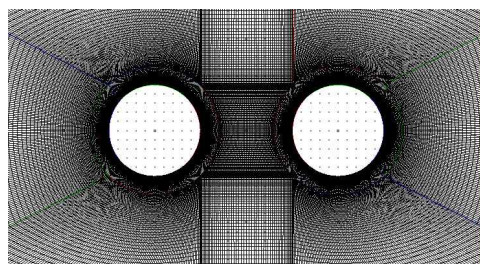


Fig. 2 Grid system for two-cylinder case

Table 1 Each cylinder drag coefficient

	Upstream cylinder	Downstream cylinder
1.5	1.10	-0.099
2.0	1.10	-0.109
2.5	1.11	-0.073
3.0	1.08	-0.004
4.0	1.04	-0.031
5.0	1.02	0.062

Table 2 Flow Condition

Flow Type	Laminar
Reynolds number	100
AOA	0
Steadiness	Steady Flow
Total Iteration	400,000
Error Tol	1.0 E - 6

2.3 해석자 설정

본 연구에 사용된 Reynolds number는 100을 사용하였다. 실린더의 유동은 Reynolds number 50만을 기준으로 층류가 발생하게 된다. Re가 50만보다 작을 경우 층류유동이기 때문에 Laminar flow로 설정하였다. 실린더의 유동은 비정상상태로 해석하는 것이 일반적이거나 본 연구에서는 정상상태로 설정하여 해석을 진행하였다.

3. 해석 결과

3.1 항력의 변화

2D_Incomp_P Solver를 사용하여 도출된 각 실린더의 공력 계수의 값은 Table.1 에서와 같이 나타나는 것을 알 수 있었다. 간격이 $1.5 \leq L \leq 4.0$ 일 때, 하방 실린더는 상방 실린더와 반대 방향의 Drag를 받고 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한 간격이 $L \geq 5.0$ 부터는 하방 실린더는 주 유동방향과 같은 방향의 Drag가 발생하였고 Drag coefficient의 값이 증가하는 것을 확인하였다.

두 실린더의 간격이 줄어들수록 Drag coefficient의 값은 감소하는 경향을 보였다. 그러나 두 실린더의 간격 L이 매우 작을 경우 Drag가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

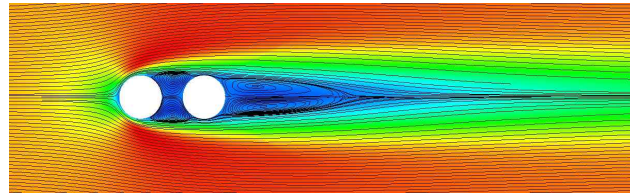


Fig. 4 Contour(Velocity) & Streamline at L = 1.5 D

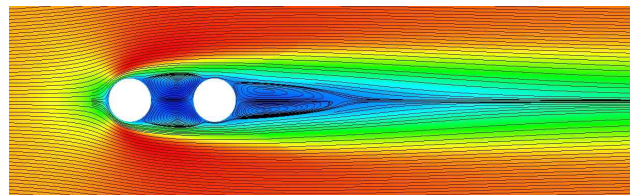


Fig. 5 Contour(Velocity) & Streamline at L = 2.0 D

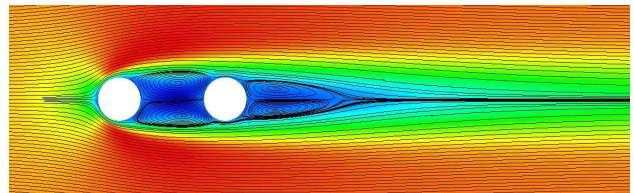


Fig. 6 Contour(Velocity) & Streamline at L = 2.5 D

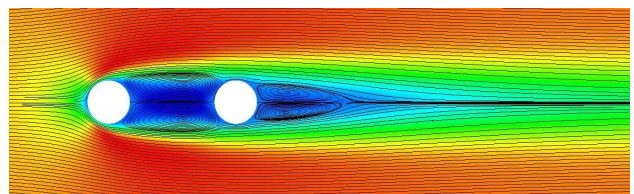


Fig. 7 Contour(Velocity) & Streamline at L = 3.0 D

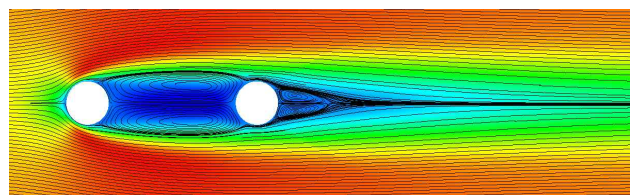


Fig. 8 Contour(Velocity) & Streamline at L = 4.0 D

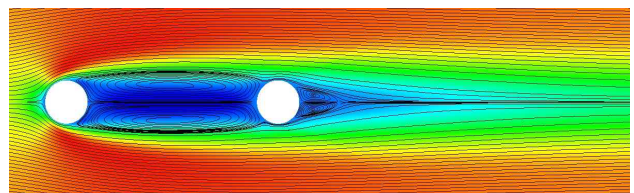


Fig. 9 Contour(Velocity) & Streamline at L = 5.0 D

3.2 후처리 가시화

EDISON 전산열유체 시스템에서 제공하는 eDAVA v3.4를 이용하여 후처리 가시화를 나타내었다. Fig. 4~9의 Velocity Contour의 범위는 Max = 1.155, Min = -0.155로 설정하여 표현하였다.

Fig. 4~9의 Streamline을 살펴보면 거리 L이 가장 작은 1.5 D인 경우 상방 실린더의 후류에 발생하는 재순환 영역의 크기가 작고 후방 실린더 후류의 재순환 영역의 크기가 길게 나타나는 것을 확인할 수 있고, 거리 L이 가장 긴 5.0 D인 경우를 살펴보면 상방 실린더 후류의 재순환 영역의 크기가 1.5 D인 경우보다 길게 나타나고, 후방 실린더의 재순환 영역의 크기가 짧게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라 두 실린더 사이의 거리가 증가할수록 상방실린더 후류의 재순환 영역의 크기는 증가하고, 후방 실린더 후류의 재순환 영역의 크기는 감소하는 것을 알 수 있었다. 하지만 본 해석에서는 Vortex shedding의 모습을 관찰할 수 없었다. 이는 비정상 상태가 아닌 정상 상태 해석으로 인한 것으로 생각된다.

4. 결론

본 연구에서는 EDISON 전산열유체 시스템을 이용하여 주 유동 방향으로 나열한 두 실린더 사이의 간격에 따른 유동을 해석해보고자 진행되었다. 두 실린더의 중심 사이의 거리를 $L = 1.5D \sim 5D$ (혹은 $L^* = L/D = 1.5 \sim 5$)로 거리를 증가 시키며 총 5가지의 Case를 생성하여 해석을 수행하였다. 그 결과 두 실린더 사이의 간격이 좁아질수록 후류에 위치한 실린더의 Drag coefficient의 값이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또 두 실린더 사이의 거리에 따라 상방 실린더와 후방 실린더의 뒤 쪽의 재순환 영역의 크기가 변하는 것을 관찰할 수 있었다.

추후 비정상 상태 해석을 진행하여 좀 더 정확한 결과와 Vortex shedding의 모습을 관찰하고자 한다.

후 기

본 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 첨단 사이언스·교육 허브 개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2011-0020557)

References

[1] 2007, 이경준, 양경수, “두 개의 원형 실린더 주위의 유동

패턴”, 대한기계학회, pp 2390-2395

[2] 2011, 한명륜, 안형택, “직교 격자를 이용한 저 레이놀즈 수 유동장내 다중 배치된 실린더의 와유기 진동 해석”, 한국전산유체공학회지 16, pp 73-82