

# 인접 구조물의 상호 간섭 효과 해석

## Interference Effects of Neighboring Structures on Wind Pressure

박상준<sup>1\*</sup>, 이승운<sup>1</sup>, 이승수<sup>1</sup>

충북대학교 토목공학부<sup>1</sup>

### 초 록

본 연구에서는 인접 구조물의 상호 간섭에 의한 풍압 변화에 대한 분석을 수행하였다. 두 개의 구조물 사이의 거리 및 위치를 변경하여 비교 해석하는 것으로써 사각형 구조물 구현을 위해 EDISON\_CFD를 이용하여 수치해석을 하였고, 유한 체적 법(Finite Volume Method, FVM) 기반의 범용 비압축성 유동 해석을 위해 2D\_Incomp-P\_2.1 해석자를 사용하였다. 이 연구를 통하여 인접한 구조물의 영향을 분석하여 상호 간 거리와 위치를 결정할 수 있는 근거자료를 확보하였다.

Key Words : 간섭 효과(Interference Effects), 풍압(Wind Pressure), 항력계수(Drag Coefficient)

## 1. 서 론

### 1.1 연구 배경과 목적

토지의 한계와 인구의 증가로 인해 계속해서 늘어나는 고층 건물군과 아파트 단지로 인하여 구조물의 상호 간섭에 대한 연구가 필요한 실정이다. 이는 구조물의 설계하중에 직접적인 영향을 미치는 요소이기 때문에 몇몇 풍동실험이 선행되었다. 특히, 조강표 등은 예서는 인접한 고층건물의 풍하중 상호 간섭에 대한 연구<sup>(1)</sup>를 진행하였다. 본 연구에서는 수치적인 해석을 위하여 EDISON\_CFD를 이용하여 두 구조물 간의 상호 간섭을 해석하였다. 또한, 수치상으로 해석된 결과를 풍동에서 실측된 실험값과 비교하였다.

### 1.2 연구의 방법 및 범위

독립적인 사각형 구조물 표면에서 유체의 흐름으로 인해 발생하는 와류, 진동 등에 대한 연구는 진행된 사례가 많으나 인접한 두 사각형 구조물 간의 상호 간섭 효과에 대한 연구 사례는 상대적으로 적다. 실제의 구조물들은 보통의 구조 기준에서와같이 단독으로 존재하는 형태의 구조물이 아닌 서로 인접해 있는 형태로 배치되어 있다. 이 때문에 주변의 건물에 의한 기류의 변화로 인해 풍하중에 직접적인 영향을 주게 된다.

위와 같이 주변 구조물이 서로 인접해 있을 때 구조물 간의 상호 간섭 효과를 알아보기 위해 EDISON\_CFD를 이용하여 수치해석을 시행하였다. 구조물이 단독으로 있는 경우와 복수로 있는 경우의 구조물에 작용하는 항력을 계산하여 항력계수의 비로서 나타내었고 구조물 간의 거리와 위치에 따라 풍하중의 비에 대해 평가하였다.

## 2. 본 론

## 2.1 수치 해석 방법

정렬 격자(Structured grid)이며 다중블록(Multi-block) 격자를 사용하여 단일 격자만 사용할 때보다 복잡한 형상에 대한 유동 해석을 하였고 RANS(Reynolds Averaged Navier-Stokes)방정식을 지배방정식으로 하여 비점성 유동에서 점성 유동에 이르기까지 해석을 하였다.

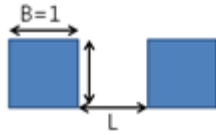


Fig1. Case1

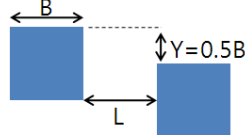


Fig2. Case2

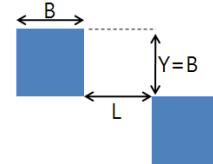


Fig3. Case3

상호 인접한 두 구조물은 정사각형 모양으로 모델링 하여 세 가지 Case에 대하여 해석을 수행하였다. Case 1의 경우는 두 구조물이 어긋남 없이 나란한 경우이며 Case 2의 경우 구조물 폭의 절반만큼 어긋난 경우, Case 3의 경우에는 폭만큼 어긋난 경우이다. 각 Case 별로 거리(L)를 폭의 1에서 8배까지 8회 수행하여 단일 구조물만 있을 때와의 항력을 구하여 분석하였다.

## 2.2 레이놀즈수(Re)

레이놀즈수(Reynolds Number)를 구함에서 청주의 2014년 1월 평균풍속(1m/s)을 사용하였으며 공기 밀도 및 점성계수는 온도가 0°C일 때 값을 사용하여 각각  $1.25\text{kg/m}^3$ ,  $1.76 \times 10^{-6}$  였고 식(1)을 이용하여 레이놀즈수를 산출하면  $7.1 \times 10^6$ 의 값을 얻을 수 있었다.

$$Re = \frac{\rho VL}{\mu} = 7.1 \times 10^6 \quad (1)$$

## 2.3 경계조건

사용된 경계조건으로는 유체의 출입구 부분은 아음속 출입구(Subsonic Inlet&Outlet)를 사용하였고 해석 영역의 측벽 부분에는 점성 벽면 조건(Viscous Wall BC)을 사용하였으며 평균풍속 1m/s를 x 방향 속도로 지정해 주었다. 해석대상 구조물에는 점성이 있는 단열 벽면 조건(Viscous Adiabatic Wall)을 사용하였다.

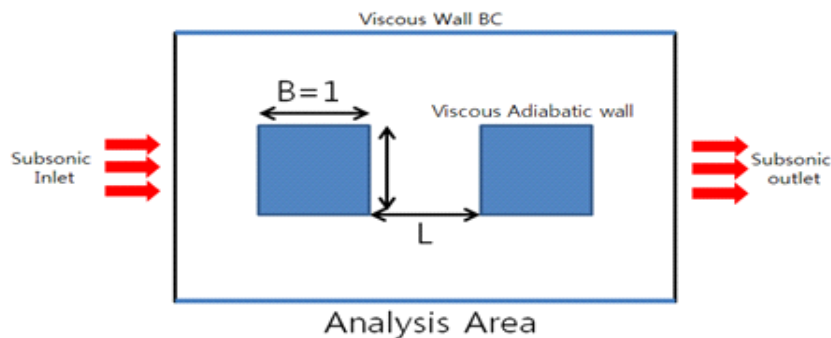


Fig4. 해석영역 및 경계조건

## 2.4 항력계수( $C_D$ )

Edison\_CFD를 이용한 계산 수행결과인 풍력(F) 값을 이용하여 구조물에 발생하는 항력계수 ( $C_D$ )를 구

하였다.

$$C_D = \frac{F}{\frac{1}{2}\rho V^2 L} \quad (2)$$

식(2)를 이용하여 항력계수 ( $C_D$ )값을 구하였으며, 항력은 영향을 받는 후방 구조물의 풍상 및 풍하측에 작용하는 값을 사용하였다.

### 3. 해석 결과

Fig 5는 각각 구조물 앞에 다른 구조물이 일렬로 배치된 경우(Case 1), 구조물의 폭의 반만큼만 엇갈려 배치된 경우(Case 2), 구조물이 완전히 엇갈려 배치된 경우(Case 3)와 단일구조물만 배치된 경우와의 항력 비( $C_d/C_d^*$ )를 구조물 사이의 거리에 따라 산출하여 나타낸 그래프이다. 단일 구조물의 항력계수 ( $C_d^*$ )를 구하는 과정에서 EDISON\_CFD로 계산한 결과 값의 정확도를 판단하기 위해 EMIL SIMIU 등<sup>4)</sup>의 저서를 참조하였다. 참조 저서에서 단일 사각 구조물의 항력계수( $C_d$ ) 값이 2에 수렴하는 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 연구의 평균항력계수( $\overline{C_d} = 1.8$ )는 단일 사각 구조물의 항력계수( $C_d$ ) 값 2에 근사한 값으로써 사용할 수 있는 값이라고 생각하여 사용하였다.

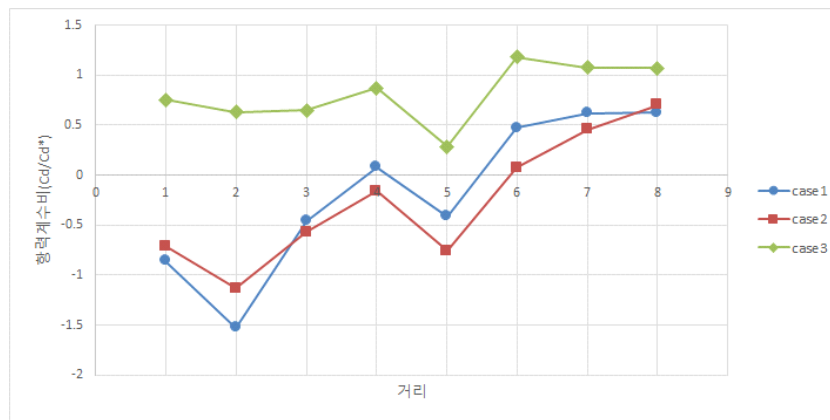


Fig5. 항력계수비 그래프

Table 1. 각 Case별 거리에 따른 항력계수 비

거리 \ Case	1	2	3	4	5	6	7	8
Case1	-0.86	-1.52	-0.46	0.08	-0.41	0.47	0.62	0.62
Case2	-0.71	-1.13	-0.57	-0.16	-0.75	0.08	0.46	0.70
Case3	0.75	0.63	0.65	0.87	0.29	1.18	1.08	1.07

Case 1의 경우는 구조물이 엇갈림 없이 나란히 배치된 경우의 거리에 따른 항력계수의 비를 나타낸 것이다. Case 1은 구조물 간의 거리가 가까울 때는 앞 구조물의 간섭으로 인해 뒤쪽 구조물이 음의 항력계수 값을 가지고, 구조물 사이의 거리가 멀어짐에 따라 간섭 효과가 줄어들어 점점 단일구조물의 항력계수 값에 가까워져 항력 계수 비가 1에 가까운 값을 나타내었다.

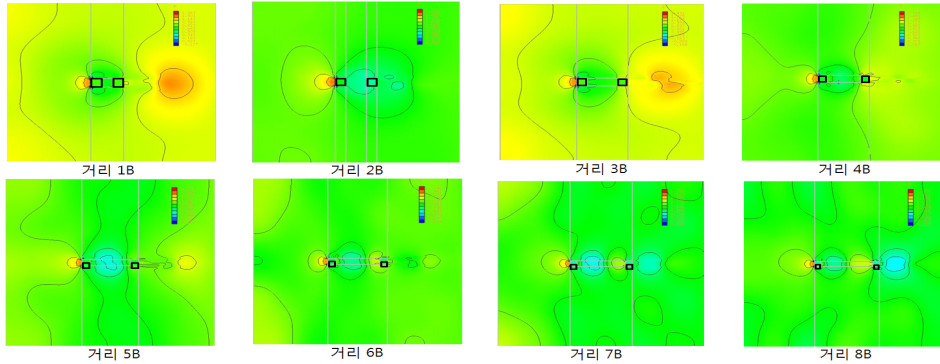


Fig8. Case1 압력분포

Case 2의 경우는 구조물이 0.5B만큼 어긋나 있을 경우의 거리에 따른 상호 간섭비를 나타낸 것이다. 이 경우도 Case 1과 같이 거리5를 전후로 하여 양의 항력계수 비를 나타내며 점차 앞 구조물의 간섭에서 벗어나는 양상을 확인할 수 있었다.

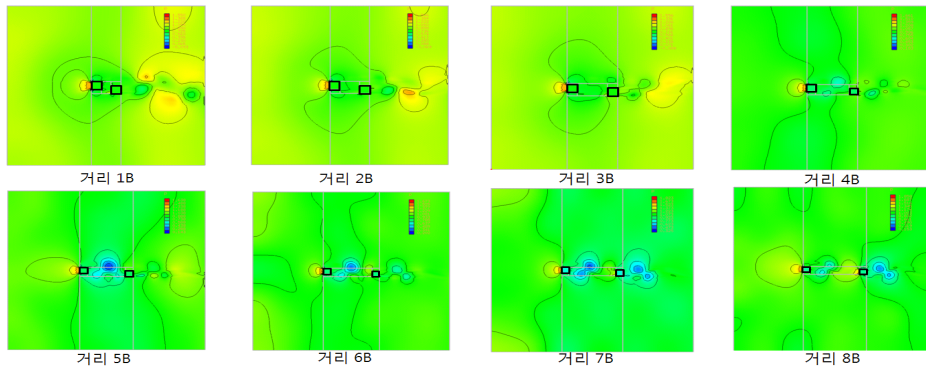


Fig9. Case2 압력분포

Case 3의 경우는 구조물이 B만큼 어긋나 있을 경우의 거리에 따른 상호 간섭비를 나타낸 것이다. Fig 7에서 보이는 바와 같이 구조물 간의 거리가 가까울 때는 완전히 엇갈린 구조로 인해 앞 구조물의 영향을 적게 받아 1에 가까운 항력 계수 비를 나타내었다. 구조물간의 거리가 멀어짐에 따라 항력 계수 비가 줄어들어 앞의 구조물의 영향을 받는 것을 확인하였고 Case 3도 앞의 Case들과 마찬가지로 거리 5B에서 항력 계수 비가 떨어지는 현상이 다른 Case보다 두드러지게 나타났다. 거리 6B 이후로는 앞의 구조물의 영향에서 벗어나 단일 구조물과 거의 같은 항력 값을 갖는 것을 확인하였다.

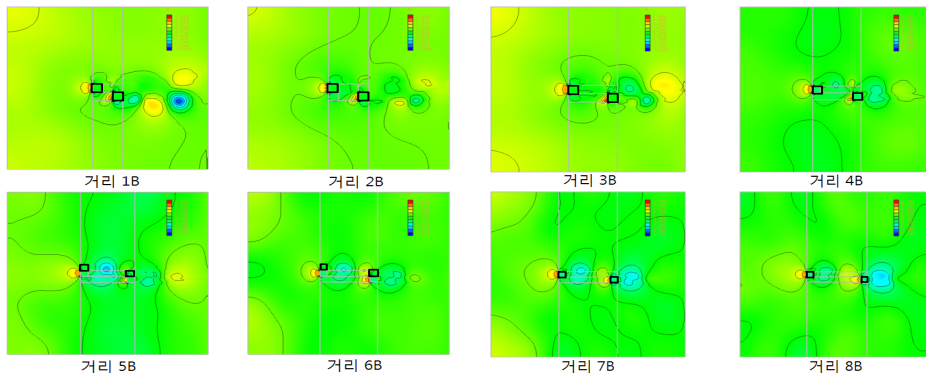


Fig10. Case3 압력분포

## 4. 결론

본 연구에서는 정방형 구조물의 상호 간 풍 압력 간섭 효과를 Edison\_CFD를 이용하여 해석해 보았다. Case 1과 2, 3 모두 공통으로 구조물 간의 거리가 멀어질수록 구조물 간의 상호 간섭이 줄어들게 되었다. Case 3의 경우는, 앞 Case들과 다르게 구조물의 거리가 근접한 경우 오히려 앞 구조물의 영향을 크게 받지 않았으나 일정 거리가 떨어지게 될 경우 앞 구조물에서 발생한 후류의 영향으로 인해 구조물에 작용하는 항력계수 값에 영향을 미치는 것을 확인하였다. 세 개의 Case 모두 공통으로 증가하던 추세를 보이던 항력계수 값이 간격 4와 5 사이에서 감소한 후 이후 다시 증가하는 양상을 보이는데 이는 앞에서 생성된 와류진동(Vortex Shedding)의 영향 때문인 것을 Fig 8, 9, 10에서 확인 할 수 있다. 김형민<sup>3)</sup>의 연구에서 임계 레이놀즈수 ( $Re_c \approx 50$ ) 이상에서 주기적으로 와류진동(Vortex Shedding)이 발생한다고 밝혔다. 또한 Strouhal수를 이용하여 사각형 실린더의 뒤쪽에서 발생하는 vortex의 주기를 계산하였을 때 vortex의 주기가 5 정도가 되고 이 때문에 거리 4와 5 사이에서 구조물에 영향을 미친 것으로 생각해 볼 수 있다. 본 연구에서는 고정된 레이놀즈수를 적용하고 두 구조물 간의 거리를 변화시킴으로써 항력계수 값의 변화를 관찰하였지만 최춘범<sup>2)</sup> 등의 연구에서는 레이놀즈수를 변화시키면서 항력계수 값의 변화를 관찰하였고 거리와 같이 레이놀즈수가 증가하면 항력계수 값도 증가하는 양상을 나타내었다.

본 연구의 한계점은 3D 해석이 아닌 2D 해석을 하였으므로 실질적인 값과 비교하면 오차가 발생할 수 밖에 없으며 해석 인자에서 유동종류를 층류 점성 유동(Laminar flow), 정상유동(Steady flow)을 사용하였기 때문에 실제로 발생할 수 있는 완전 난류 점성 유동(Turbulent flow), 비정상 유동(Unsteady flow)에 대해서는 확실치 않으므로 추후 3차원 구조물에 대한 연구의 진행이 필요하다고 생각된다.

## 후 기

본 연구는 미래창조과학부의 지원 사업인 첨단 사이언스 교육 허브 개발 사업의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

- (1) Cho. Kang-Pyo, Jung. Jin-Taek, Cheong. Myung-Chae, Kim. Yoon-Suk (2003), "Interference Effects of Neighboring Tall Buildings on Wind Loads", 대한건축학회, 대한건축학회 추계학술 발표대회 논문집(구조계), v.23 n.2 (2003-10), pp. 293~296.
- (2) Choon-Bum Choi, Yong-jun Jang and Kyung-Soo Yang (2011), "Primary instability and hysteresis of flow past two square cylinders in tandem", 대한기계학회, 대한기계학회 2011년도 추계학술대회 강연 및 논문 초록집, v.11, pp. 1834~1839 (6 pages)
- (3) H.M. Kim, (2005), "Numerical Solution of Laminar Flow Over Square Cylinder In A Channel and Evaluation of LBM Simulations Results", 한국전산유체공학회, 한국전산유체공학회지, v.10, n.2, pp.30-37
- (4) SIMIU, E., & SCANLAN, R. H. (1996). "Wind effect on structures". New York: JOHN WILEY & SONS, INC, 3rd ed., pp. 160-161