

풍자원 평가를 위한 건축물 주변의 유동특성

조강표^{**} · 정승환^{**} · 신승화^{***}

Characteristic of Wind Flow around Building Structures for Wind Resource Assessment

Kangpyo Cho^{**}, Seung-Hwan Jeong^{**}, Seung-Hwa Shin^{***}

Key Words : Average velocity ratio(평균풍속비), Standard deviation ratio(표준편차비), Side ratio(변장비), Spanwise distance(인동간격), Wind tunnel test(풍동실험), CFD

ABSTRACT

To utilize wind resources effectively around buildings in urban area, the magnitudes of wind velocity and turbulence intensity are important, which means the need of the information about the relationship between the magnitude of wind velocity and that of fluctuating wind velocity. In the paper, wind-tunnel experiments were performed to provide the information about Characteristic of Wind flow around buildings with the spanwise distance and the side ratio of buildings as variables. For a single building with the side ratios of one and two, the average velocity ratio was 1.4 and the velocity standard deviation ratio ranged from 1.4 to 2.6 at the height of 0.02m at the corner of the windward side, in which flow separation occurred. For twin buildings with the side ratios of one and two, the velocity ratio ranged from 2 to 2.5 as the spanwise distance varied at the height of 0.02m, and the velocity standard deviation ratio varied near 1.25. For twin buildings with the side ratios of one and two, the maximum velocity ratio was 1.75 at the height of 0.6m, and the maximum velocity standard deviation ratio was 2.1. It was also found from the results of CFD analysis and wind-tunnel experiments that for twin buildings with the side ratios of one and two, the difference between the velocity ratio of CFD analysis and that of wind-tunnel experiments at streamwise distances was near 0.75.

1. 서론

1.1 연구의 배경과 목적

화석에너지 고갈과 기후 변화협약 대응에 따른 온실가스 감축이 대두되면서 정부의 신재생에너지 사용에 대한 정책적인 노력과 그 중요성이 커지고 있다. 그 중 풍력에너지는 실용화 단계에 접어든 대체에너지로서 가장 선두적이라 할 수 있다. 또한 향후 근간에 풍력에너지 시장이 조선시장의 2 배를 넘을 것이라는 전망도 나오고 있다. 그러나 지금까지는 풍력발전기의 기계적 성능향상에 대한 연구는 많이 진행되었으나 풍력에너지를 효과적으로 이용하기 위한 풍자원 분

석에 대한 원천기술개발은 걸음마 수준에 불과하다. 따라서 잠재력이 큰 풍력에너지를 효과적으로 이용하기 위한 풍자원 분석에 대한 원천기술개발이 필요한 시점이다.

초고층 건축물의 등장에 따라 건축물의 규모가 커지게 되면서 건축물 주변에는 빌딩풍이라 불리는 복잡한 기류가 발생한다.⁽¹⁾ 빌딩풍은 보행자의 통행에 불편을 주지만, 건축가들은 창의적이고 경제성을 고려한 건축디자인을 위해 건축물에 작용하는 바람을 효과적으로 이용하기도 한다. 건축물 상부부근의 풍질이 좋은 곳에 건축물과 통합된 풍력발전기를 설치하여서 소비전력량의 일정부분을 풍력에너지로 대체하여 사용하고 있기도 하다⁽²⁾. 또한 건축물 주변에 소형풍력발전기가 설치된 가로등을 설치하여 도시의 미관을 고양시키기도 하며, 관련 제품에 대한 수요도 넓어지고 있다.

풍력 에너지는 로터의 회전면적과 밀도에 비례하고 풍속의 삼승에 비례한다⁽³⁾. 효과적인 풍력에너지 사용을 위해서

* 원광대학교 건축공학과

** 풍공학연구소

*** 원광대학교 대학원 건축공학과

† 교신저자, E-mail : kpcho@wku.ac.kr

는 신뢰성 있는 출력곡선이 필수적이며 풍향 중 특히 풍속과 난류강도에 대한정보가 특히 중요하다. 특히 도시내 건축물 주변에서의 바람은 끊임없이 변화하게 된다. 건축물 주변에 설치되는 도시형 소형풍력발전기는 건물에서 발생하는 박리로 인하여 난류의 영향을 크게 받게 된다. 난류는 풍속과 함께 풍력발전기의 출력성과 발전시스템의 안전에 영향을 주는 중요한 변수중의 하나이다.⁽⁴⁾

건축물 주변의 풍자원을 효과적으로 이용하기 위해서는 풍력발전기가 생성하는 풍력에너지를 이용할 수 있는 기술에 근거가 되는 변동성분과 풍속의 관계에 대한 자료가 필요하다. 이와 관련된 선행 연구로서 조강표등에 의해 수행된 연구⁽⁵⁾에서는 도시내 건축물 주변의 풍자원에 대한 평가 자료를 제공하기 위해 건축물의 인동간격과 변장비를 변수로 하여 CFD해석을 수행하고 풍속증가율을 연구하였다. Cho et al⁽⁶⁾은 CFD해석과 풍동실험을 이용하여 건축물 주변에서의 풍속증가율을 조사하였다.

본 연구에서는 건축물 주변의 풍자원을 적극 활용할 수 있도록 풍동실험과 CFD해석을 통하여 건축물 주변의 바람에 대한 평균풍속과 풍속의 변동성분에 대한 정량적 정보를 제공하는데 목적이 있다.

1.2 연구의 방법 및 범위

건축물 주변의 평균풍속과 변동성분의 변화에 영향을 주는 주요 요인은 건물의 형상, 수평면적, 건축물 주변 지표면의 상태, 풍향 등 여러 가지가 있다. 이러한 여러 요인 중 본 논문에서는 먼저 건축물이 단독으로 있는 경우와 쌍둥이 건축물의 상관위치에서 건축물 주변의 기류의 공역학적 거동을 조사하였다. 그리고 기류의 박리메커니즘은 건축물의 수평면적에 따라 다르게 변화하므로 변장비를 1:1과 1:2로 달리하여 풍동실험을 수행하였다. 이는 건축물의 수평면적에 영향을 미치는 건축물 폭의 변화에 따라서 주변기류의 공역학적 거동을 비교하기 위함이다. 가로등용 소형 풍력발전기가 설치된 높이와 건물 지붕높이를 대상으로 평균풍속과 변동풍속의 표준편차(Standard deviation)를 평가하였다. 그리고 각 높이에서의 입구평균풍속과 입구풍속의 표준편차를 측정된 지점에서의 평균풍속과 평균풍속의 표준편차에 대하여 평균풍속비와 표준편차비로 정의하였고 건축물 주변의 유동특성 조사를 위한 평가지표로 사용하였다.

빌딩풍은 고층 건축물 밑 부분에서 큰 크기로 발생하므로 본 연구에서는 형상비가(H/\sqrt{A})가 6이고 높이가 180m인 50층의 고층건축물을 실험 대상으로 선택하였다. 여기서, H는 건축물의 높이, A는 건축물 평면의 단면적이다. 대상건축물은 서울근교에 위치하며, 중층건축물들이 산재해있는 지역인 지표면 조도구분 B에 위치한다고 가정하였다.⁽⁷⁾

2. 풍동실험을 이용한 건축물 주변의 유동특성 분석

2.1 풍동실험 방법 및 측정 조건

대상건축물의 크기는 D=30 m, B=30 m, H=180 m인 50층 규모의 고층 건축물이다. 풍동실험에 사용된 실험모형의 축적은 사용된 풍동의 성능과 폐쇄율(blockage ratio)을 5% 이하로 고려하고 자연풍과 풍동의 난류적분스케일로부터 1/300으로 결정하였다. 실험모형은 바람에 의한 변형을 최소화 하도록 강제모형으로 제작하고 재질은 아크릴을 사용하여 모형표면의 요철을 최소화 하였다. 실험모형의 입면의 형태는 Fig. 1(b)과 같다.

실험모형의 설치전경은 Fig. 1(a)와 같다. 본 연구의 풍동 실험은 (주)CKP풍공학연구소의 대형경계층풍동을 사용하였으며 대형경계층풍동의 Test Section 크기는 폭(W)×높이(H)×길이(L)=4m×2.2m×30m이다. 쌍둥이 건물이 위치 한 경우 인동간격(S)은 Table 1과 같이 정의하였다.

풍동내 기류의 생성방법은 지표면 조도구분 B(고도분포지수 $\alpha = 0.22$)에 상응하는 기류를 재현하기 위하여 스파이어(Spire), 월, 조도블럭(Roughness Block)을 측정부 바닥면에 설치하였다. 설계풍속 V_z 은 KBC2009 건축구조기준⁽⁷⁾에 근거한 식 (1)을 이용하여 산정하였다. 여기에서 V_0 는 서울 지역의 1년 재현주기 기본풍속으로 13.3m/s 이다. K_{zr} 은 풍속고도분포계수, K_{zt} 은 지형계수이며 중요도계수 I_w 는 1.1을 적용하였다.

$$V_z = V_0 \cdot K_{zr} \cdot K_{zt} \cdot I_w \quad (m/s) \quad (1)$$

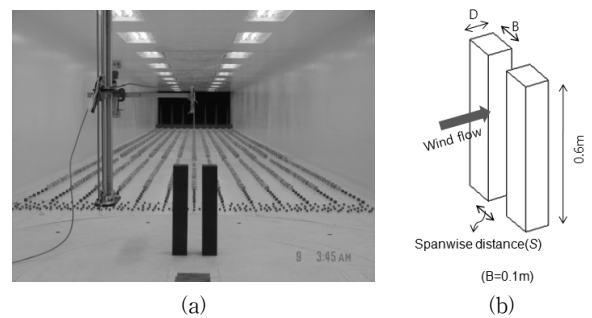


Fig. 1 Boundary layer wind tunnel and Definition of Spanwise Distance(S)

Table 1 Definition of spanwise distance (S)

| Cycle Parameter | Component Parameters |
|-----------------|--|
| | $S = \beta B$ ($B = 30 \text{ m}, 60 \text{ m}$) |
| | $\beta = \frac{S}{B} = 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$ |

Table 2 Definition of spanwise distance (s)

| | |
|--------------------|-------------------------------|
| 모형 축척률 | 1/300 |
| 기본풍속 | 13.3m/s |
| 실험풍속 | 6m/s |
| 풍속 스케일 | $\frac{1}{3.44}$ |
| 시간 스케일 | $\frac{1}{87.2}$ (실물시간 :600초) |
| 측정시간 | 30sec |
| 측정횟수 | 3회 |
| Sampling Frequency | 200(Hz) |

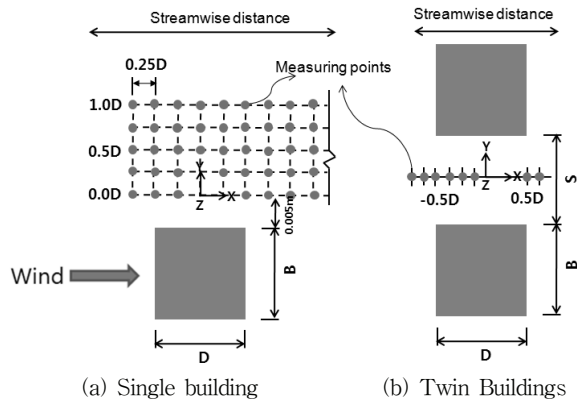


Fig. 2 Locations of measuring points

일반적으로 순간풍속의 통계학적 처리시 10분간의 평균풍속을 사용하므로 측정시간은 여유를 두어 30초간 3회로 측정하고 데이터의 분산을 방지하기 위하여 양상불 평균하였다. 풍동실험을 위한 데이터 수집조건은 Table 2와 같다.

데이터 수집을 위한 측정장비로는 유체의 평균유속, 난류강도 및 온도변화를 전압변화에 따라 기체, 액체의 초저속류에서 초고속류 지역까지 넓은 범위의 평균유속 및 난류강도 측정이 가능한 열선유속계(Hot-Wire Anemometer)를 사용하였다. 풍속과 풍속표준편차의 평가는 건축물이 단독으로 위치한 경우와 여러 인동간격을 가지고 있는 쌍둥이 건축물에 대하여 Fig. 2와 같이 정의된 지점에서 평가하였다. 건축물이 단독으로 위치한 경우는 풍방향과 풍직각 방향으로 0.25D씩 등 간격으로 나누어 평가하였으며 쌍둥이 건물인 경우에는 인동간격의 중심선에서 원점을 기준으로 -0.7D~0.8D까지 범위에서 유동특성을 평가하였다.

2.2 풍동실험결과 및 고찰

건축물 주변의 유동특성에 영향을 주는 변수를 변장비와 그리고 인동간격 측정높이로 상정하고, 그 특성을 정량적으로 평가하기 위하여 평균풍속에 대해서는 입구풍속과 건축물 주변의 계측점에서의 평균풍속비 μ 로 식(2)와 같이 정의하였다.

$$\mu = \frac{V(z)}{V_{inlet}(z)} \quad (2)$$

그리고 변동풍속에 대해서도 표준편차비(Standard deviation ratio) v 로 정의하고 식(3)과 같다.

$$v = \frac{Std.(z)}{Std_{inlet}(z)} \quad (3)$$

여기에서, $V_{inlet}(z) = V_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^\alpha$ $V_{inlet}(z)$ 은 풍동내 z높이에서의 입구풍속이며 z_1 은 기저의 특정높이이고, V_1 은 z_1 에서의 이며, α 는 고도분포지수이다. z는 일반적으로 가로등용 소형풍력발전기가 설치되는 높이(6 m)와 대상 건축물의 지붕 높이(180 m)에 대해 고려하였다. 그 풍속의 크기는 가로등용 소형 풍력발전기가 설치된 높이에서는 2.8m/s, 건물지붕높이에서는 6m/s이다. $V(z)$ 는 계측된 z높이에서의 풍속이다. $Std_{inlet}(z)$ 는 풍동내 z높이에서의 입구풍속의 변동풍속의 표준편차(Standard deviation)이며 $Std(z)$ 는 계측된 z높이에서의 변동풍속의 표준편차이다.

Fig. 3은 변장비가 1:1인 건축물이 단독으로 서 있는 경우에 대해, 건축물 주변의 평균풍속비를 정량적으로 나타내고 있다. 여기서 분포도의 가로축은 풍방향축의 좌표이고, 세로축은 풍직각방향의 좌표를 나타낸다. 변장비가 1:1인 경우 최대 풍속비가 발생한 평가지점은 풍방향 좌표가 -0.25D이고 풍직각방향 좌표가 0.25D인 부근에서 2.1 크기의 풍속비가 발생하였다. 풍속증감경계선은 건축물 바로 옆면에서 나타남을 확인하였고, 기류의 박리로 인해 풍속이 60%까지 저감되었지만 풍하측 건축물 모서리 이후부터는 풍속이 점차 20%로 증가하는 경향을 보였다. 건축물의 폭만큼 떨어진 풍상측 부근인 풍직각방향 좌표가 1인 지점에서는 풍속비가 1.6에 걸쳐 분포된 것을 알 수 있으며, 기류의 박리가 일어나는 풍상측 모서리 부근인 풍직각방향좌표 0D, 풍방향축의 좌표 -0.5D인 근처에서 풍속비는 0.6에서 1.4의 분포로, 등속선이 아주 조밀하게 분포되어있어 위치가 조금만 변화하여도 풍속의 변화가 아주 크다는 것을 알 수 있다.

Fig. 4는 변장비가 1:1인 건축물이 단독으로 서 있는 경우에 대해, 건축물 주변의 변동풍속의 표준편차비를 정량적으로 나타내고 있다. 평균풍속과 마찬가지로 같은 위치인 건축물풍상측 모서리 부근에서의 변동풍속의 표준편차비는 1.4에서 2.6의 범위로 풍속이 급격히 변함을 알 수 있다. 평균풍속비가 1.2의 분포로 나타나는 풍하측 모서리 풍방향 좌표 0.5D인 위치에서는 풍속의 증가에 비하여 변동풍속의 표준편차의 크기가 2.3의 크기로 나타나 풍력발전기 설치 위치로는 취약한 지점임을 판단할 수 있다.

Fig. 5와 Fig. 6은 변장비가 1:2인 건축물이 단독으로 서

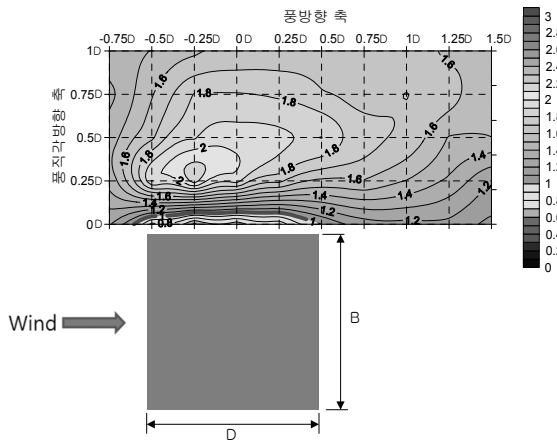


Fig. 3 Velocity ratio contour around a single building ($D/B = 1:1$) $z = 0.02$ m, $V_{inlet} = 2.8$ m/s, $Std_{inlet} = 0.77$

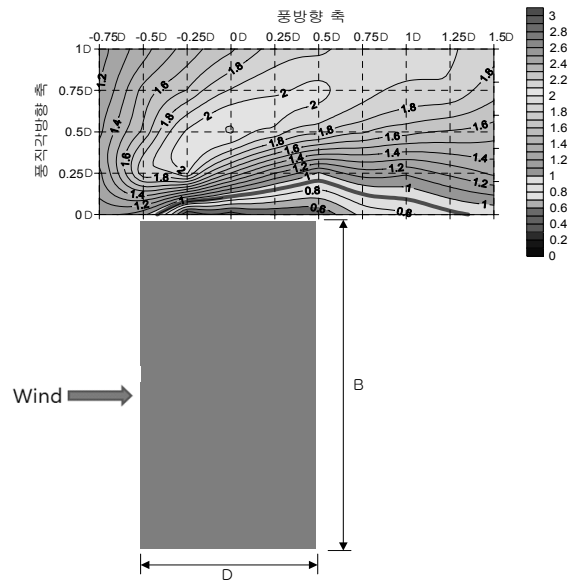


Fig. 5 Velocity ratio contour around a single building ($D/B = 1:2$) $z = 0.02$ m, $V_{inlet} = 2.8$ m/s, $Std_{inlet} = 0.77$

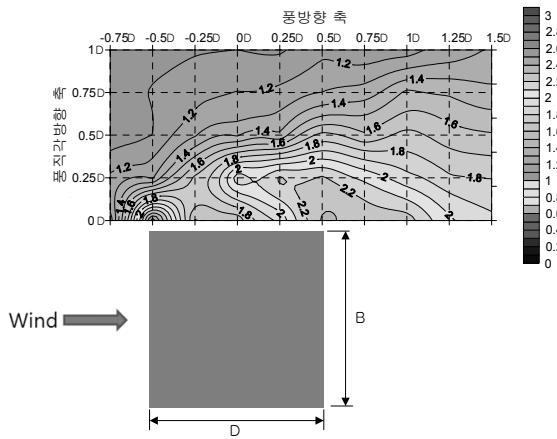


Fig. 4 Standard deviation ratio contour around a single building ($D/B = 1:1$) $z = 0.02$ m, $V_{inlet} = 2.8$ m/s, $Std_{inlet} = 0.77$

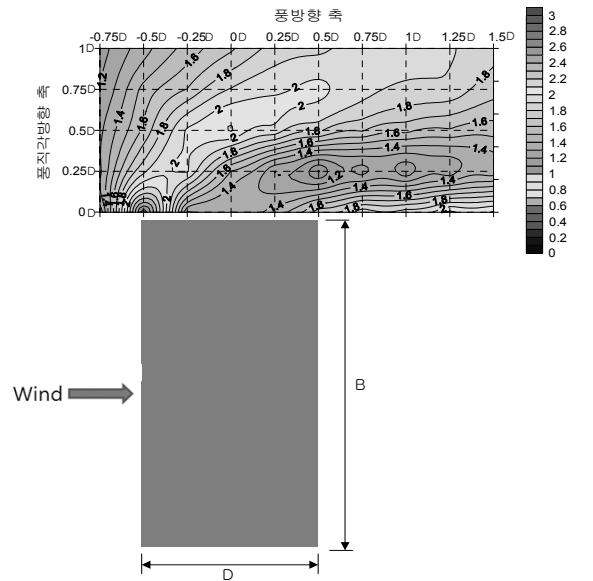


Fig. 6 Standard deviation ratio contour around a single building ($D/B = 1:2$) $z = 0.02$ m, $V_{inlet} = 2.8$ m/s, $Std_{inlet} = 0.77$

있는 경우에 대해, 건축물 주변의 평균풍속비와 변동풍속의 표준편차비를 각각 정량적으로 나타내고 있다. 변장비가 1:2로 커짐에 따른 주요 특징으로는 풍속증감경계선이 풍직각 방향축의 0.25D인 위치에서 나타나 변장비가 1:1인 경우보다 풍속이 감소하는 영역이 크게 확인 되었으며, 전반적으로 등속선의 간격이 변장비가 1:1인 경우보다 촘촘히 형성됨을 알 수 있다. 최대 평균풍속비가 나타나는 영역이 풍상측에서 풍하측으로 넓게분포됨을 알 수 있으며, 그 크기는 변장비가 1:1인 경우와 같이 2.1로 나타났다. 같은 영역인 Fig. 5에서 변동풍속의 표준편차비가 최대 2.1의 크기로 나타남을 볼 수 있다. 이는 변장비가 1:1인 경우에 풍하측 모서리 부근에서 변동풍속의 표준편차비가 크게 나타남에 비하여, 변장비가 1:2인 경우에는 건축물 풍측면인 풍방향 좌표 -0.25D에서 0.5D 부근으로 이동하는 것으로 나타났다. 이를 통해 변장비의 변화에 따라 건축물이 단독으로 위치한 경우 건축물 주변에서의 풍속증가의 크기에는 영향을 주지 않았으나 최대 평

균풍속비의 발생위치가 변화함을 알 수 있다. 기류의 박리가 일어나는 풍상측 모서리 부근에서는 변장비가 1:1인 경우와 같이 0.6에서 1.4의 분포로 풍속비가 발생하였고 표준편차비도 변장비가 1:1인 경우와 같이 1.4에서 2.6의 범위로 풍속이 급격히 변함을 알 수 있다. 평균풍속비가 감소하는 구간에 해당되는 풍직각방향의 좌표가 0.25D에서 0D사이 구간에서는 풍속표준편차비가 1.2에서 2정도로 나타났다. 대체적으로 풍상측 모서리 부분에서는 변장비가 1:1과 1:2인 경우 평균풍속비가 1.4의 크기로 나타났으며 최대풍속비는 2.1의 크기로 발생하였으나, 발생 위치는 풍상측에서 풍하측으로 이동하였으

며 그 영역도 증가함을 확인하였다. 변동풍속의 표준편차비가 크게 나타나는 위치는 변장비가 변화함에 따라서 풍하측 모서리에서 건축물 풍측면으로 이동하였으며, 그 크기는 2.1

에서 2.2사이의분포로 나타남을 확인하였다.

Fig. 7은 쌍둥이 건축물이 위치한 경우 변장비와 인동간격변화에 따른 가로등용 소형 풍력발전기가 설치된 높이인

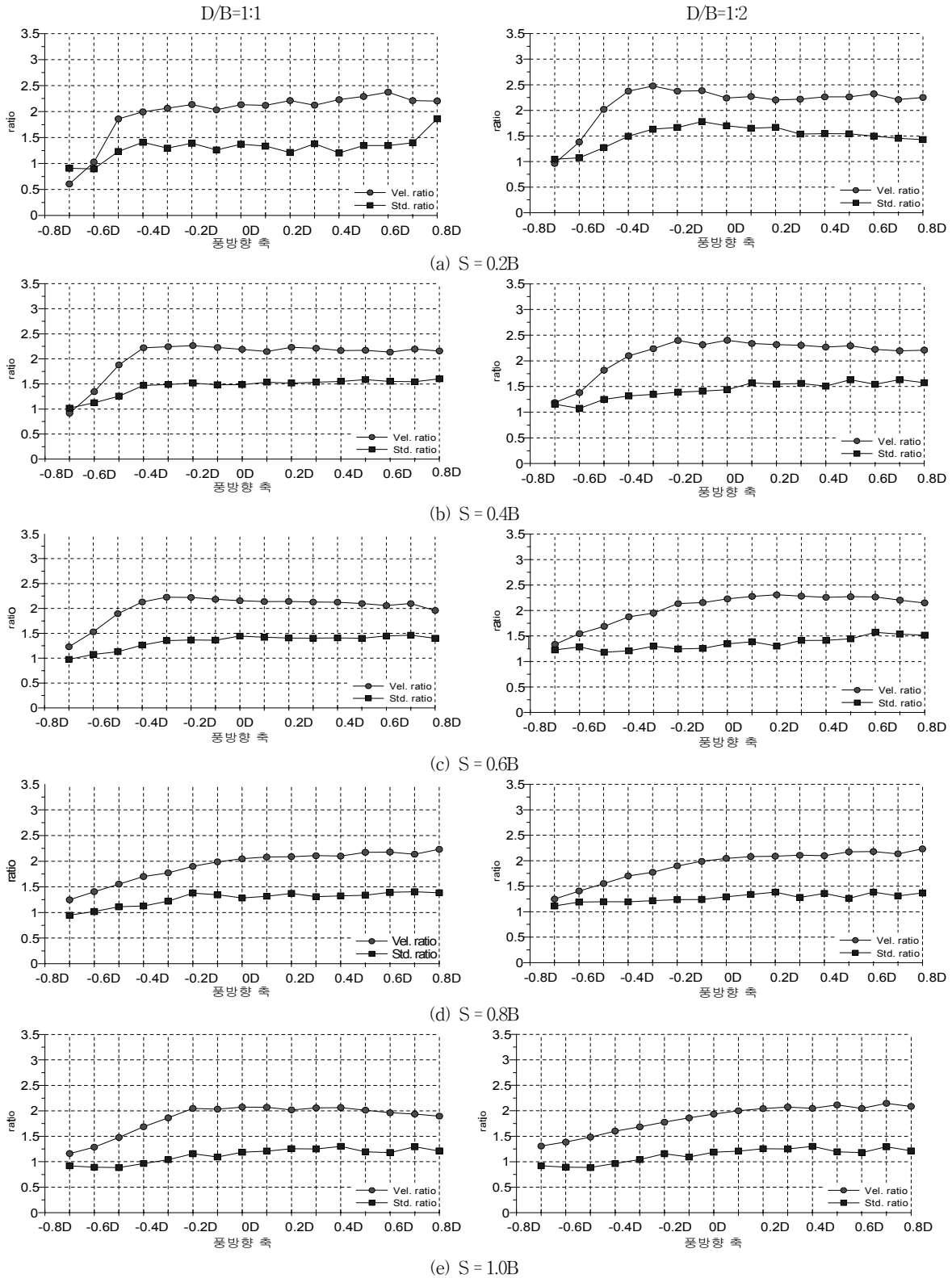


Fig. 7 Velocity ratio and Standard deviation ratio, $z=0.02\text{ m}$, $V_{inlet} = 2.8\text{ m/s}$, $Std_{inlet} = 0.77$

$z=0.02m$ 에서의 평균풍속비(Average velocity ratio μ)와 변동풍속의 표준편차비(Standard deviation ratio ν)를 나타낸다. 변장비가 1:1이고 인동간격이 0.2B인 경우의 평균풍속비는 풍상측 앞부분인 풍방향 좌표가 $-0.5D$ 위치에서부터 풍

하측 구간까지 2.25 근처의 풍속비로 나타남을 확인하였고, 그에 따른 변동풍속의 표준편차비는 1.25의 크기로 나타났다. 변장비가 1:2로 커짐에 따라서 풍방향 좌표가 -0.3 인 위치에서 풍속비가 2.5로 가장 높게 나타났으며 변동풍속의 표

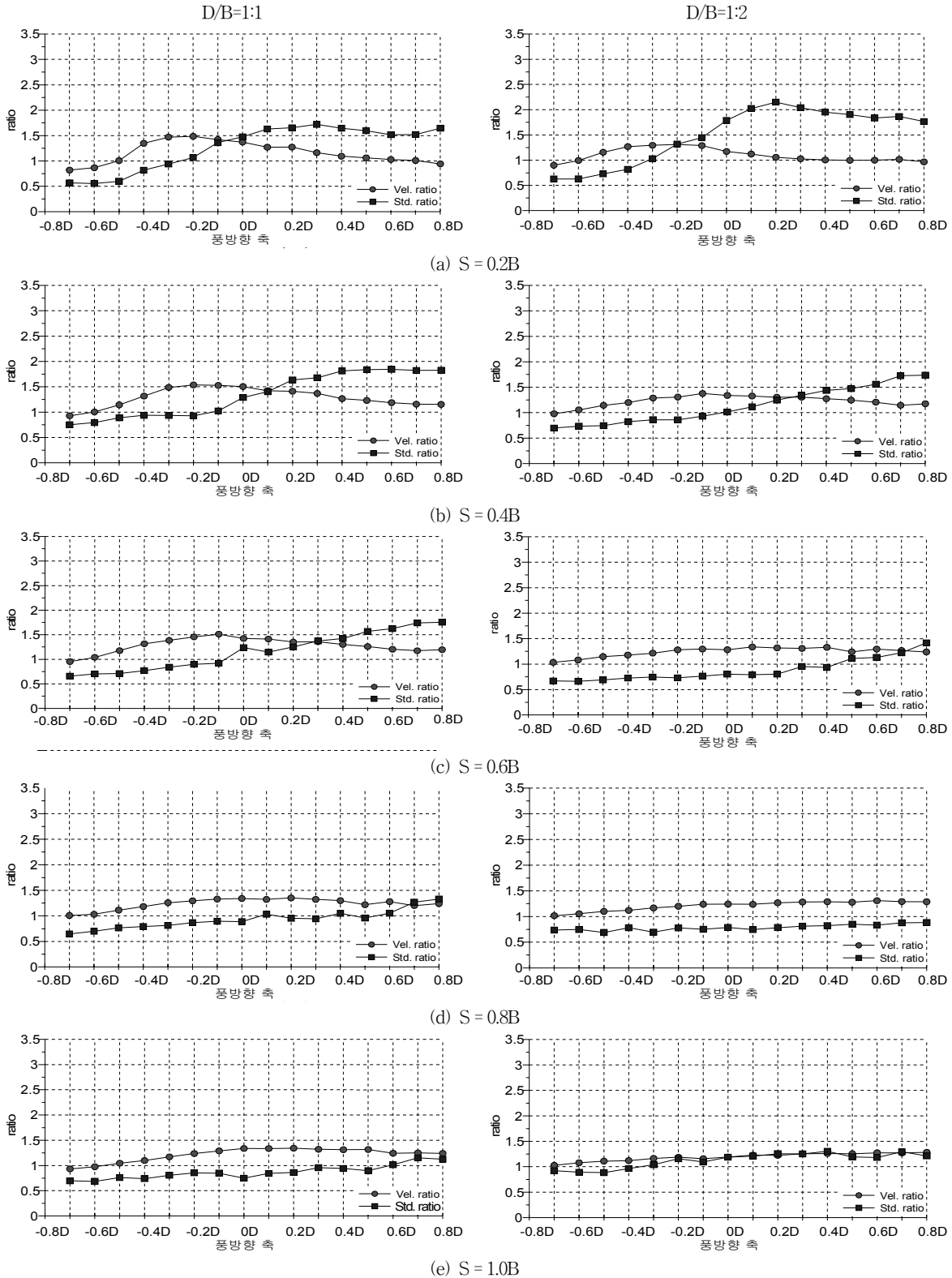


Fig. 8 Velocity ratio and Standard deviation ratio, $z=0.6m$, $V_{inlet} = 6m/s$, $Std_{inlet} = 1.08$

준편차비는 풍방향 좌표가-0.1D인 위치에서 1.75의 크기로 발생하였고 풍하측으로 이동하면서 1.5의 크기로 일정하게 나타났다. 인동간격이 0.4B에서 1.0B로 점차 커짐에 따라서 평균풍속비는 2.25의 범위에서 변화 하였으나 풍상측 부분에서 평균풍속비의 변화하는 기울기가 점차 완만해짐을 수 있다. 인동간격이 0.4B, 0.6B인 경우에도 풍속의 표준편차비는 1.5근처에서 나타났으며, 인동간격이 0.8B, 1.0B로 커짐에 따라서 풍방향좌표가-0.1D인 건물 중심부근의 위치에서부터 풍속비는 2의 크기로 발생하였다. 이때의 변동풍속의 표준편차비는 1.25의 크기로 변화함을 알 수 있다. Fig. 8은 쌍둥이 건축물이 위치한 경우 변장비와 인동간격 변화에 따른 대상건축물의 지붕높이인 $z=0.6m$ 에서의 풍속비(Velocity ratio μ)와 변동풍속의 표준편차비(Standard deviation ratio ν)를 나타낸다. 주요 특징으로는 변장비가 1:1이고 인동 간격이 0.2B인 경우의 평균풍속비는 풍상측인 풍방향좌표가-0.5D인 위치까지 1보다 작게 나타나 풍속이 감소됨을 관찰하였고, 이후 점차 증가하여-0.2D인 위치에서 1.5의 크기로 나타남을 확인하였다. 이에 따라 변동풍속의 표준편차비는 풍방향 좌표가-0.2D인 위치까지 0.5에서 1로 증가하였으며, 건물의 중심 부근인-0.1D위치에서부터 풍하측으로 이동하면서 1.5에서 1.75의 크기로 변화하였다. 변장비가 1:2인 경우 풍속비의 분포는 변장비가 1:1인 경우와 같은 양상으로 변화하였으나, 변동풍속의 표준편차비는 풍방향 좌표가 0.2D인 위치에서 2.1D까지 증가하였다. 이 경우 건축물의 풍하측으로 이동함에 따라 평균풍속비가 전체적으로 표준편차비보다 낮게 나타나 풍력발전기의 설치위치로는 적합하지 않는 것으로 사료된다. 인동간격이 0.4B에서 1.0B으로 커짐에 따라서 평균풍속비보다 변동풍속의 표준편차비가 높게 나타나는 현상이 관찰되었다. 전반적인 특징은 인동간격이 변화함에 따라 평균풍속비는 1.25근처에서 변화함을 확인하였고, 변동풍속의 표준편차비가 인동간격이 0.8B인 경우 두 변장비 모두 풍하측으로 이동함에 따라서 입구풍속의 표준편차보다 25% 감소됨을 알 수 있다.

3. CFD를 이용한 건축물 주변의 유동특성 분석

3.1 CFD해석을 위한 모델링

쌍둥이 건축물이 위치한 경우 건축물 사이에서 풍방향 위치에 따른 연직방향에서의 공기역학적 거동을 확인하기 위하여 CFD 해석을 수행하였다.

CFD해석시 해석모델은 풍동실험과 최대한 똑같은 조건에서 해석하기 위하여 1/300의 축소 모델을 사용하였다. 격자의 생성은 GAMBIT을 이용하였고 해석영역의 크기는 축소된 모델을 포함하여 (D)10m×(B)2m×(H)3.33m로 정의하였으며 Fig. 9와 같다. 생성된 총 격자수는 175만개이며, 해석영역의 양측면과 상부면을 대칭경계면으로 설정하였고, 건축물의 모

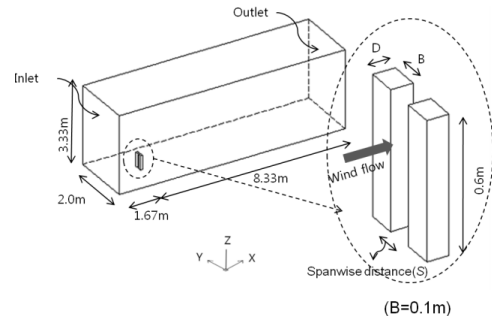


Fig. 9 Domain of CFD analysis

든 표면은 Wall로 설정하였다. 축소된 모형의 건축물 표면은 조도의영향이 0인 매끄러운 바다면으로 설정하였다. Face mesh의 interval size는 0.01, element는 Tri, Type은 Pave로 설정 하였다. 해석영역전체의 Volume mesh는 interval size를 0.2로 element는 Tet/Hybrid, Type은 Tgrid로 하여 mesh의 가로·세로의 간격을 등간격으로 모델링 하였다. 난류모델은 Standard $k-\epsilon$ 모델을 사용하였다.⁸⁾

3.2 CFD해석결과 및 검토

Fig. 10은 쌍둥이 건축물이 위치한 변장비가 1:1인 경우 각 풍방향 좌표에서 높이별 평균풍속비 CFD해석결과와 풍동 실험의 결과를 보여준다. 변장비가 1:1인 경우 풍방향 좌표에 따라서 건축물 높이의 1/3 지점인 $z = 0.2m$ 을 기준으로, 전반적으로 윗부분에서 풍속비가 1.5를 향하여 이동함을 볼 수 있다. 인동간격이 0.2B인 경우, 풍방향 좌표가-0.7D인 위치에서의 평균풍속비는 지표면에서 0.5m 높이까지 0.6에서 0.7로 일정하게 나타나 입구풍속보다 작음을 알 수 있다. 다른 구간에서도 평균풍속비는 1에서 1.5의 크기로 0.05m 아래 부분에서 급격히 증가하였는데, 이는 건축물 풍상면에 맞은 바람이, 건축물 풍하면의 기압이 낮은 곳으로 이동하게 되면서 생기는 하강류에 의한 영향으로 사료된다.

Fig. 11은 쌍둥이 건축물이 위치한 변장비가 1:2인 경우 각 풍방향 좌표에서 높이별 평균풍속비 CFD해석결과와 풍동 실험의 결과를 보여준다. 인동간격이 0.2B에서 0.6B로 변화함에 따라서 변장비가 1:2인 경우 각 풍방향 좌표에 따라 평균풍속비의 전체적인 범위가 변장비 1:1인 경우와 같이 1.5를 향하여 좁혀짐을 확인 하였다. 변장비가 1:2인 경우 인동간격이 0.2B에서 0.6B로 변화함에 따라서 풍방향 좌표가 -0.7D인 경우 0.1m 이하 부분에서 풍속비가 빠르게 커지게 나타났다.

전반적으로 풍동실험의 결과와 CFD해석의 풍속비의 차이는 0.5에서 0.75정도로 나타났다. 이는 풍동실험에서 묘사되는 풍방향 및 풍직각 방향의 난류를 CFD해석에서 모두 고려하지 못함과 모형의 표면이 CFD해석모델과 같이 매끄럽지 못한 영향, 모형의 모서리 부분이 완전한 직각으로 제작되지

풍자원 평가를 위한 건축물 주변의 유동특성

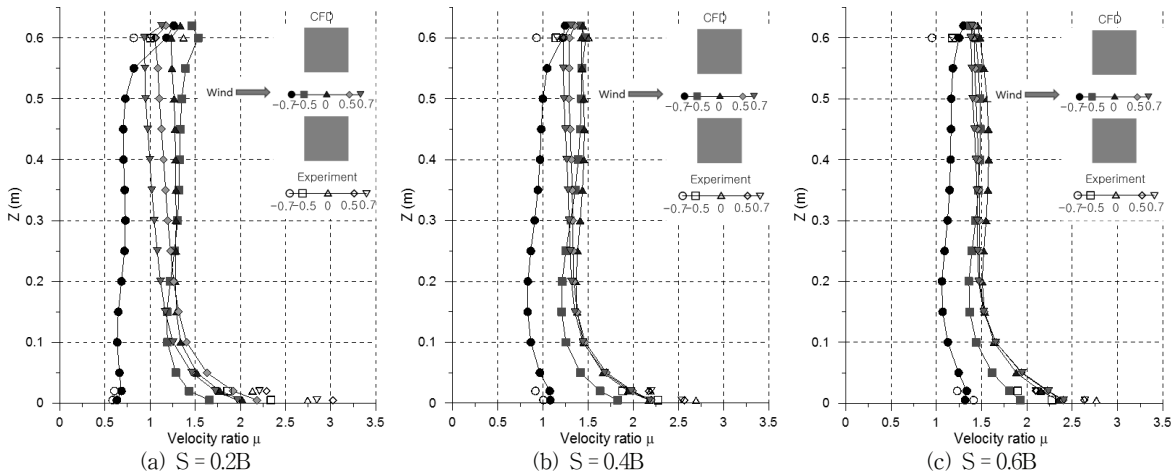


Fig. 10 Velocity ratio at the positions (D/B = 1:1)

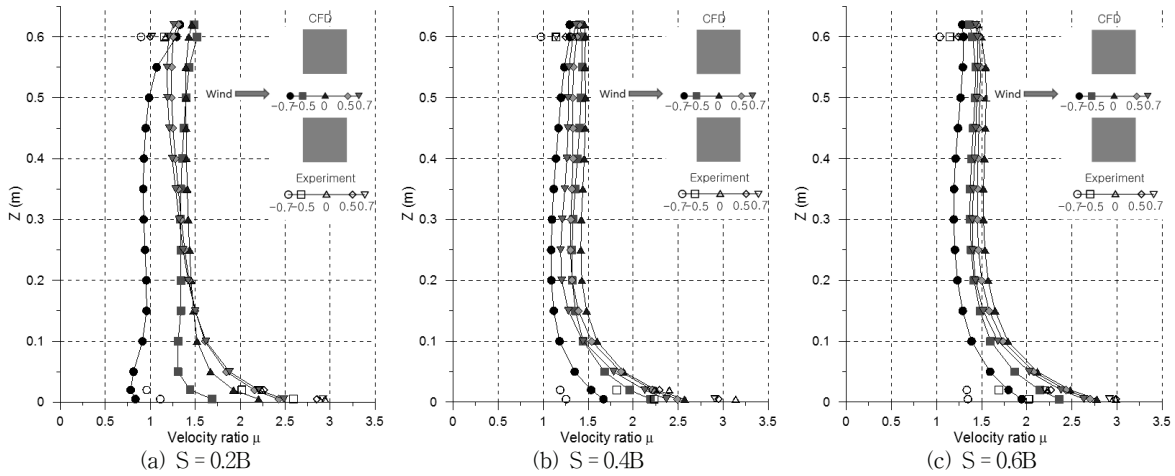


Fig. 11 Velocity ratio at the positions (D/B = 1:2)

못한 영향 등에 의해 생긴 오차라 생각된다. CFD해석결과 건축물 지붕높이에서의 최대 평균풍속비는 각 인동간격 모두 건축물 풍상면과 가까운 위치에서 발생하였으며, 지표면과 가까운 풍하측 부분에서는 최대 2.75의 평균풍속비가 건축물 풍하면에서 나타났다.

4. 결론

도시내 건축물 주변에 존재하는 풍자원을 효과적으로 이용하기 위해서는 풍질과 관계된 풍속과 난류강도의 크기가 중요하다. 이러한 사실은 풍속의 크기와 변동풍속의 크기의 관계에 대한 정보의 필요성을 의미한다.

본 논문에서는 풍자원 평가를 위한 건축물 주변의 유동특성에 대한 정보를 제공하고자 건축물의 인동간격과 변장비를 변수로 하여 풍동실험을 수행하였다. 풍동실험을 이용한 건축물 주변의 유동특성에 대해 요약하면 다음과 같다.

- 1) 건축물이 단독으로 위치한 변장비가 1:1과 1:2인 높이 0.02m 경우 기류의 박리가 발생하는 풍상측 모서리 부분에서는 풍속비가 1.4의 크기로 나타났으며, 변동풍속의 표준편차비는 1.4에서 2.6의 크기로 급격히 변화하였다.
- 2) 건축물이 단독으로 위치한 변장비가 1:1과 1:2인 높이 0.02m 경우 최대 평균풍속비의 발생 위치는 변장비가 변함에 따라 풍상측에서 풍하측으로 이동하였으며 그 크기는 최대 2.1로 나타났다.
- 3) 쌍둥이 건축물이 위치한 변장비가 1:1과 1:2인 높이 0.02m 경우 인동간격이 변화함에 따라서 평균풍속비는 2.25의 범위에서 변화하였으며, 변동풍속의 표준편차비는 1.25의 크기로 나타났다.
- 4) 쌍둥이 건축물이 위치한 변장비가 1:1과 1:2인 높이 0.6m 경우 평균풍속비보다 변동성분의 표준편차비가 더 크게 발생하는 위치가 관찰되었으며, 평균풍속비는 1.25 근처에서 변화하였다.
- 5) 쌍둥이 건축물이 위치한 경우 풍방향 좌표에서의 높이

별 풍속비 CFD해석결과와 풍동실험의 결과 변장비가 1:1과 1:2인 경우 약 0.75의 평균풍속비의 차이가 나타남을 확인하였다.

후 기

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 2009T100100576).

본 연구는 한국해양과학기술진흥원 지원과제인 “해양에너지 전문인력 양성사업”의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

- (1) Sinisa Stankovic, Neil Campbell, Alan Harries, 2009, “Urban wind energy,” Earthsca.
- (2) Volker Butgereit, Stefano Cammeli, Daniel Hackett, Bryan Wong, 2009, “The assessment of the aerodynamic performance of building-intergrated wind turbines,” 대한건축학회지, Vol. 53, No. 8, pp. 24~29.
- (3) 고경남, 허종철, 2006, “풍력공학입문,” 문운당.
- (4) 유능수, 윤광용, 2008, “풍황이 풍력발전기 출력에 미치는 영향에 관한 연구,” 한국풍공학회지 제12권 제2호, pp. 75~83.
- (5) 조강표, 정승환, 홍성일, 신승화, 2009, “도시내 건축물 주변의 풍자원 평가,” 2009유체기계연구개발발표회, p. 598.
- (6) Kangpyo Cho, Seung-Hwan Jeong, Seung-HwaShin, Jang-Ho Lee, 2010, “Wind Resource Assessment of an Urban Region With Tall Buildings using CFD analysis and Wind-Tunnel Experiments,” WWEC2010.
- (7) 대한건축학회, 2009, “건축구조기준”
- (8) FLUENT 6.3, FLUENT inc, 2006.