

CFD에 의한 아파트 단지의 빌딩풍에 관한 사례연구

- 천안지역 2개 단지를 중심으로 -

Example Study on Building Wind of Apartment Complex by Computational Fluid Dynamics

- About Two apartment Complex in Cheon-An Region -

노 지 웅*

Roh, Ji-Woong

Abstract

In the case that high-rise building is constructed, the surrounding wind velocity increase more than 50~100%. From this cause, many wind environmental problems can be occurred. For example, ordinary wind environmental disaster may be occurred in a region, or walking disturbed. In developed countries including USA, EU, and Japan, many efforts have been made for building wind prevention by grasping previously the effects before building constructed. But, We are bearing risk of wind environmental disaster because we have not enough recognition about building wind, and have not architectural prevention counterplans.

This study aims to examine wind environmental characteristics of domestic apartment complex, and effective architectural counterplans. As the basic stage for this, we investigated pre-estimate tools and risk assessment methods of building wind in apartment complex, applied to two apart complex in Cheon-An region by CFD. As the result, serious damages were not presented. But, it is obvious that various architectural counterplans will be presented by this example researches.

키워드: 빌딩풍, 아파트 단지, CFD

Keywords : Building Wind, Apartment Complex, Computational Fluid Dynamics

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 업무용, 주거용 건물이 대형화되고 고층화되면서 생활수준 향상과 더불어 보다 나은 삶의 질에 대한 소비자의 요구가 증대되고 있다. 이러한 요구는 실내 환경뿐만 아니라 외부의 환경까지 확장되고 있는데 이러한 경향은 우리나라의 대표적인 주거 형태인 아파트에서 두드러지고 있다. 아파트 단지내의 환경은 각각의 세대의 환경과도 밀접한 관계가 있는데 아파트 단지 환경의 악화는 단지 내부환경의 직접적인 악영향뿐만 아니라 실내 환경을 조절하기 위한 에너지 증대, 그리고 실내에서 배출된 폐열, 오염물질 등이 다시 실내 환경에 악영향을 미치는 악순환으로 연결된다. 아파트 단지의 환경 중에서 최근 많은 주목을 받고 있는 것이 아파트 단지의 풍환경이다. 여기서 가장 문제가 되는 것이 빌딩풍으로 불리는 국지적 강풍에 의한 풍해이다. 일반적으로 고층아파트가

건설되면 주변 풍속은 50~100% 이상 증가한다고 알려져 있으며 상시 풍환경 재해지역(과다풍속 지역 등)이 발생할 수 있고, 강한 바람에 의한 불쾌감으로부터 바람에 물건이 날리거나 보행에 불편을 주는 등 다양한 형태의 피해가 보고되고 있다. 빌딩풍에 의한 풍해는 건축계획단계에서 적절히 식수, 방풍벽 또는 조형물 설치 등을 계획함으로써 비교적 손쉽게 방지할 수 있다. 우리나라에서도 대형 건물에 대해서는 빌딩풍을 포함한 주변의 미기후에 대한 영향을 평가하여 예상되는 피해를 줄이려는 노력이 반드시 필요하다.

미국, 유럽, 일본을 비롯한 선진국에서는 건물 계획단계에서부터 빌딩풍의 영향을 정량적, 정성적으로 파악하여 문제점을 사전에 예방하려는 노력을 기울여 왔다. 그러나 우리나라의 경우 아직까지 빌딩풍에 대한 인식이 부족하여 빌딩풍에 의한 풍해를 자연재해로 착각하거나 문제가 발생한 후에 뒤늦은 대응을 하는 등 소극적인 대처를 하는 것이 대부분이었다.

국내에서, 건물 외부풍에 관한 연구는 풍압이 구조물에 미치는 영향을 중심으로 건축구조 분야에서는 활발히 진

* 주저자, 교신저자, 정회원, 홍익대학교 조교수, 공학박사
(jwroh@hongik.ac.kr)

행되어 왔다. 그러나, 빌딩풍해에 관한 연구는 아직 기초적인 수준에 머무르고 있으며, 다양한 건축적 방재대책을 도출하고 설계기준을 제시하는 데에는 이르지 못하고 있다.

1.2 연구방법

본 연구는 국내 아파트 단지의 풍환경적 특징을 검토하고 효과적인 건축계획적 대책을 도출하는데 최종적인 목적을 두고 있다. 이를 위한 기초적인 연구로서, 아파트 단지내에서의 빌딩풍에 대한 예측과 위험도 평가 방법을 고찰하고 천안 지역에 신축될 2개 아파트 단지를 대상으로 이를 적용하였다. 빌딩풍에 관한 해석은 최근 건축분야에서 많이 활용되고 있는 CFD기법을 이용하였다.

2. 빌딩풍 평가에 관한 이론적 고찰

2.1 빌딩풍과 빌딩풍해의 정의

주위 건물들보다 눈에 띄게 높은 고층건물이나 큰 건물이 건설되면, 그 주변에서는 국부적으로 강한 바람이나 흩어진 바람이 불게 되며 이것을 통상, **빌딩풍**이라 부르고, 빌딩풍에 의한 영향으로 인하여 인적, 물적으로 받은 피해와 손해, 그리고 그것들을 포함한 모든 악영향을 풍해 혹은 빌딩풍해라 한다. 그러나 단정적으로 어떤 경우를 **빌딩풍해**라고 판단할 것인지에 대한 기준은 학문적으로 확립되어 있지 않다.

2.2 빌딩풍의 평가

빌딩풍의 영향이 어느 정도이며 견딜 수 있을 정도인가, 피해가 생길 것인가 등의 여부를 판단하기 위해서는 평가 기준이 필요하다. 빌딩풍해는 크게 보행자 등 인체에 미치는 영향과 주변 가옥 등에 미치는 영향의 두 가지 형태로 볼 수 있으므로 여기에서, 인체에 미치는 영향 평가는 **일상적 풍환경 평가**라 하고 주변 가옥 등에 미치는 영향의 평가는 **강풍제해적 평가**라고 본다.

(1) 일상적 풍환경 평가 방법

일상적 풍환경의 평가방법에는 ① 풍속의 증가율(상대적 평가방법)에 의한 평가방법, ② 허용풍속(절대적 평가방법)에 의한 평가방법, ③ 풍속의 발생확률(확률적 평가방법)에 의한 평가방법으로 나눌 수 있다. 이 중 ① 풍속의 증가율(상대적 평가방법)은 건설전후의 풍속비를 평가하는 방법과 기준풍속과의 비에 의해 평가하는 방법으로 분류할 수 있다.

(2) 강풍제해적 평가 방법

강풍제해적 평가방법은 ① 태풍이나 계절풍에 의한 강풍의 발생빈도에 따라 확률적으로 평가하는 방법과 주택 등의 직접적인 피해를 평가하기 위한 ② 주택등의 내풍 성능에 의한 평가 방법으로 나눌 수 있다.

2.3 풍속의 증가율에 따른 평가

건물이 건설 전후에 풍속이 증가하느냐 감소하느냐를 조사하여 빌딩풍의 영향을 판단하는 것으로 직접풍속은 비교하지 않고 풍속비라는 형태로 바꾸어 평가한다.

(1) 건설 전·후의 풍속비

풍속비(R) = 건물 건설후의 풍속 / 건물 건설전의 풍속
 풍속비가 1에 가까울수록 빌딩풍의 영향이 적음을 나타내며, 1미만은 건설 후의 풍속저하를, 1을 넘을 경우는 풍속증가를 나타낸다.

(2) 기준풍속과의 비

$$\text{풍속비(R)} = \frac{\text{건설전 또는 건설후의 풍속}}{\text{기상대 등에서 측정된 풍속}}$$

독자적으로 기록을 측정하거나 기상대에서 발표한 풍속을 사용하여 풍속비를 구하고 건설전과 후의 풍 환경을 판단하는 방법으로 이 방법은 객관적으로 건설 전과 후의 바람의 상태를 비교할 수 있지만 부근에 측후소나 기상대가 없거나 관측지점과 주변의 상황이 전혀 다른 경우는 사용하기에 그다지 적절한 방법이 아니다.

2.4 허용풍속에 따른 평가

유쾌, 불쾌 혹은 위험 등의 한계에 관해서 제안된 어떤 풍속값과 예측된 풍속값을 비교하여 빌딩풍의 영향 유무와 허용한도는 판단하는 방법이다.

가장 많이 이용되고 있는 것은 Penwarden에 의해 발표된 Beaufort 풍력계급¹⁾에 의거한 것이다.

표 2.1에서 보는 바와 같이 5m/s의 풍속에서는 바람에 의한 불쾌감을 느끼기 시작한다. 이때 머리카락이나 의복이 훑날리고 먼지나 휴지가 날라 다니기 시작한다. 일반적으로 허용풍속에 의한 평가에서 사람의 불쾌감을 기준으로 바람의 허용풍속 기준을 삼는 경우 5m/s 전후가 그 기준이 된다.

10m/s의 바람은 불쾌하며 상당한 부담을 몸으로 느낀다. 또한 빠른 풍속 하에서 정상적인 보행속도를 유지하기 위해서는 상당한 에너지가 필요하여 제대로 걷기 곤란하다.

20m/s 정도의 바람은 위험하여 특히 노인이나 어린이의 경우는 바람에 의해 넘어질 우려가 있다.

표 1. Beaufort 풍력계급과 인체에 대한 영향

Beaufort 계급	쾌적감	표 현	풍속 (m/s)	영 향
0		잔잔함	0-0.2	
1		경미한 바람	0.3-1.5	전혀 눈에 띄지 않는 바람
2	쾌적	산들 바람	1.6-3.3	얼굴에 바람을 느낀다. 나뭇잎·의복이 바슬바슬 소리를 낸다.

1) ビル風の基礎智識, 風工學研究所 편저, kazima출판사

3		연 풍	3.4-5.4	머리카락이 훑날리고, 의복이 훑날린다. 신문을 읽기 어렵다.
4		화 풍	5.5-7.9	작은 가지를 일정 운동으로 흔들고, 바람이 가벼워 깃발을 훑날린다. 먼지가 일어난다. 종이 that 훑어진다. 머리카락이 흐트러진다. 작은 가지가 움직인다.
5	불쾌	지 풍	8.0-10.7	몸에 바람의 힘을 느낀다. 강풍 지역에 들어가면 발을 헛디딜 우려가 있다.
6	심한 불쾌감	웅 풍	10.8-13.8	자그만 나무가 흔들리기 시작한다. 우산을 쓰기 어렵다. 머리카락이 즉시 훑러내린다. 똑바로 걷기 곤란하다.
7		강 풍	13.9-17.1	橫風の 힘이 전진하는 힘과 같아진다. 바람소리가 귀에 들려, 불쾌하다. 걷는데 불편을 느낀다.
8		질강풍	17.2-20.7	일반적으로 전진을 방해한다. 돌풍으로 균형을 잡기 곤란.
9	위험	대강풍	20.8-24.4	사람이 넘어진다.

2.5 풍속의 발생확률에 의한 평가

바람이 어떤 풍속으로 어떠한 방향에서 어떤 빈도로 발생하느냐를 계산하여 그것을 빌딩풍 평가자료로 삼는 방법이다. 즉, 확률적 평가방법이란 풍속의 발생빈도를 예측하고 제안된 평가척도와 비교해서 빌딩풍의 영향유무를 판단하는 것이다.

그러나 우리나라와 같이 빌딩풍에 대한 인식이 부족하여 관계된 자료가 부족한 사항에서는 이러한 확률적 평가방법을 사용하기는 매우 어렵다.

2.6 빌딩풍의 해석방법

1) CFD (Computational Fluid Dynamics)의 개요

전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD)이란 컴퓨터를 이용한 수치해석이며 계산과학의 한 분야이다.

건축분야의 CFD는 주로 국부적인 실내 기류 해석에 이용되었으나 컴퓨터 성능의 비약적인 발전으로 아트리움, 쇼핑몰 및 공항 전시공간 등 대공간의 온도분포, 기류 속도 및 방향분포, 난류분포, 압력분포, 오염물질의 확산, 오염원 제거효과, 화재 및 연기의 확산, 건물 주변의 대류 해석 등에 많이 이용되고 있다. 크고 복잡한 시스템 등이 설계되었을 때에도 CFD를 사용하여 이용하고 있다.

수치해석을 이용하면 디테일한 차원에서의 시뮬레이션이 가능하며, 유사한 작업의 반복 수행 시 비교적 신속하고 저렴한 비용으로 예측을 할 수 있는 장점이 있다.

특히, CFD를 이용한 수치해석과 복사열전달 등을 연성 해석하는 것이 가능하게 되어, 각종의 요인이 복잡하게 관련되어 형성된 환경물리의 실태를 구조적으로 분석할 수 있게 되었다. 연성해석 기술의 개발에 의하여 CFD는 단순

해석기술로부터 탈피하여 환경설계의 강력한 도구로서 이용되고 있으며 복잡한 실태를 정량적으로 분석할 수 있다.

건축에 CFD를 적용하는 궁극적인 목적은 거주자의 쾌적감과 건강을 증진시키고 건물의 안전성과 효율을 개선함으로써 사용자뿐만 아니라 건물 자체의 지속 가능성을 향상 시키는 데에 있다고 하겠다.

2) 건축 환경분야에서 사용되는 CFD 방법²⁾

CFD 방법은 건축 환경분야에서 다양하게 사용되고 있다. 아래의 그림은 (1) 건물 주변의 공기 정체도와 통풍 성능을 파악한 사례, (2) 건물 외벽에 작용하는 압력분포를 해석하고 이에 따른 실내 환기성능을 해석한 사례, (3) 개구부에서 유입된 공기와 건축자재에서 발생하는 오염물질에 의해 형성되는 실내 오염물질 농도 해석 사례, (4) 아파트 내부의 기류 이동에 따른 환기성능을 해석한 사례를 보여주고 있다.

국외의 경우 CFD 해석방법은 국지적인 기후뿐만 아니라 열섬현상과 같은 도시기후의 해석에도 사용범위를 확대해 나가고 있다.

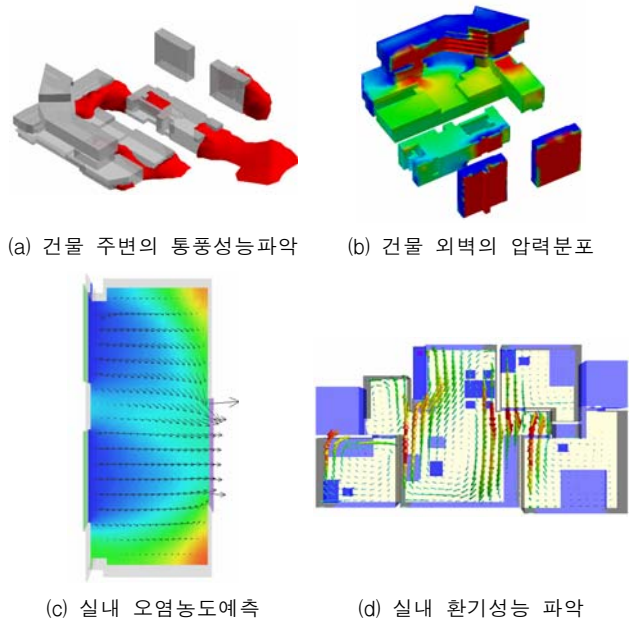


그림 1. 건축 환경 분야에 사용되는 CFD

3. 천안지역 공동주택의 빌딩풍 해석

3.1 해석대상

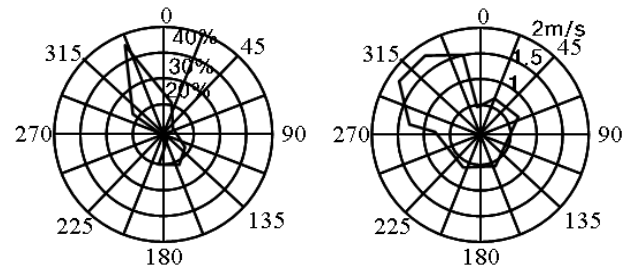
1) A단지

해석 대상 A단지는 20층 규모의 총 4개동으로 구성되어 있다. 이 중 101동과 102동은 판상형, 103동은 탑상형 형태이며, 104동은 탑상형과 판상형이 조합된 형태가 되어 있다. 이러한 건물을 대상으로 각 아파트 건물에 따른 빌딩풍에 대해 CFD 기법을 이용하여 검토하였다.

2) CFDによる建築・都市の環境設計工学, 村上周三 著, 동경대학교 출판회



그림 2. 해석 대상 아파트 단지 배치도

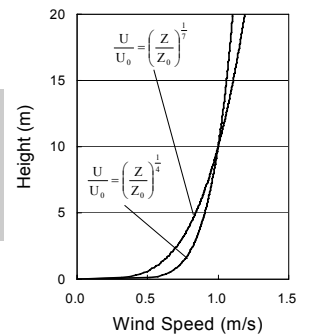
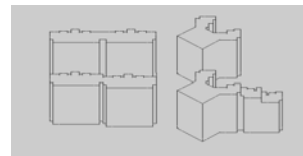


(a) 각 풍향별 속도 빈도 (b) 각 풍향별 풍속

그림 4. 천안의 풍향, 풍속 데이터

2) B단지

해석 대상 B단지는 20층 규모의 총 6개동으로 구성되어 있다. 건물의 형태는 타워형과 판상형이 조합된 형태로 되어 있으며, 건물의 높이에 비해 건물과 건물 사이의 폭이 좁아 강풍이 불 경우 빌딩풍에 대한 문제점이 발생할 가능성이 있다. 이러한 건물은 설계단계에서 빌딩풍에 의한 불쾌적과 피해정도를 해석하여 적절한 조치를 취할 필요가 있다. 해석은 건물 빌딩풍 해석에 많이 사용되는 CFD 기법을 이용하였다.



(a) Modeling (b) 풍속 Profile

그림 5. 해석 조건(A단지)

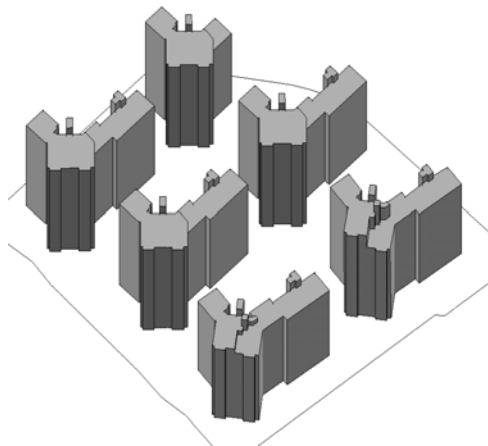
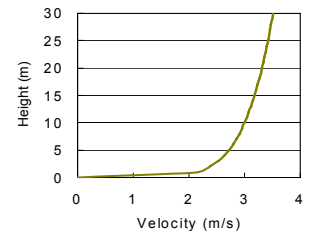
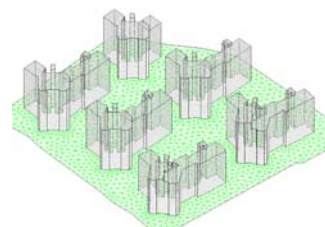


그림 3. 해석 대상 아파트 단지 (컴퓨터 모델링)



(a) Modeling (공간분할) (b) 풍속 Profile

그림 6. 해석 조건(B단지)

3.2 해석방법

전체 공간을 약 60만개로 분할하여 해석을 실시하였다. 유입 풍속의 profile은 천안시의 1년 평균풍속과 풍향, 그리고 기준높이를 10m로 하여 작성하였다. 주풍향은 북서향이 되며 풍속은 1년 평균인 1.5 m/s으로 결정하였다. 풍속의 높이 방향의 변화는 지표면의 마찰력의 영향을 받으며 지수에 따라 지표면이 어떠한 상태인지를 알 수 있다. 그래서 도심이라는 조건을 반영하여 1/7승의 계수를 사용하였다.

3.3 해석결과

1) A단지

그림 4는 높이 3m에서의 풍속 분포를 나타내고 있다. 천안시의 평균풍속인 1.5m/s를 이용하여 해석한 결과 그림 (d)와 (e)에서와 같이 101동과 103동 건물의 바깥 모서리 부분에서 풍속이 2m/s 이상이 되는 부분이 나타나고 있으며, 101동과 102동 건물의 중간 부분도 2m/s 이상을 보여주고 있다. 104동 건물은 풍속이 급속히 강해지는 부분은 없으나 다른 동 건물에 비해 바람이 정체되는 현상이 약간 나타나고 있다.

아파트 단지내 풍해에 관한 해석을 실시한 결과 바람에 의한 장애를 느끼기 시작하는 연풍(3.4m/s이상)에 해당하는 부위가 일부 나타났다. 그러나, 피해, 불쾌감을 평가하는 5m/s 정도의 풍속 영역은 나타나지 않았다.

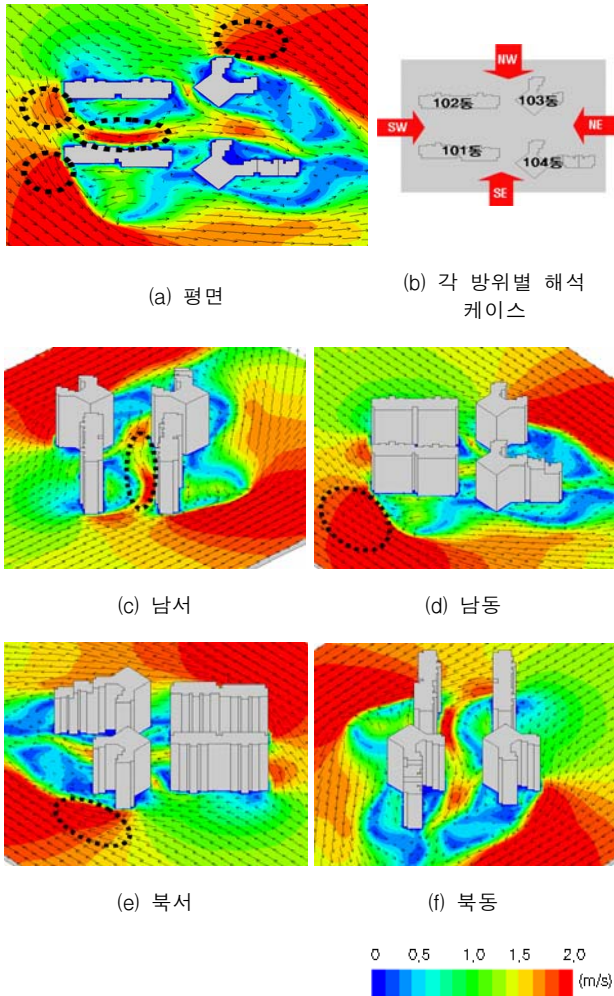
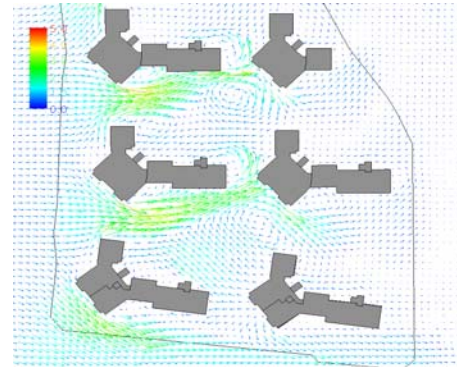


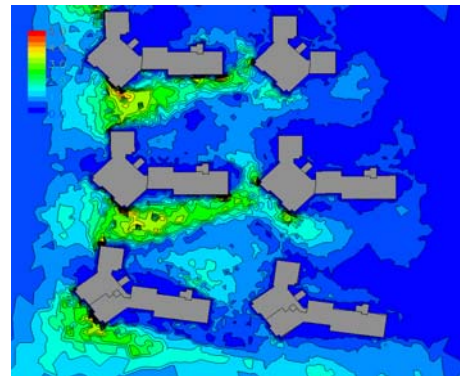
그림 7. Contour+Vector, 높이 3m

2) B단지

그림 8, 그림 9는 높이 2m에서의 풍속 분포를 나타내고 있다. 천안시의 평균풍속의 2배인 3.0m/s를 이용하여 해석한 결과 건물과 건물 사이에 풍속이 가속화되는 현상을 나타냈다. A단지와 유사하게 일부 부위에서 연풍(3.4m/s이상)에 해당하는 풍속이 나타났으나 피해, 불쾌감을 평가하는 5m/s 정도의 풍속 영역은 나타나지 않았다. 그 외의 영역에서는 2.0 m/s 이하의 풍속분포를 나타내었다. 본 해석에서의 평균풍속을 기준으로 검토하였으나 보다 정확한 해석을 위해서는 바람의 빈도를 기준으로 돌풍, 태풍 등과 같은 특수한 상황에 대한 검토가 아울러 이루어져야 하겠다.

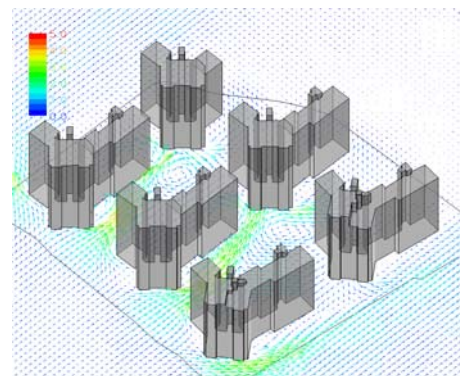


(a) 속도벡터

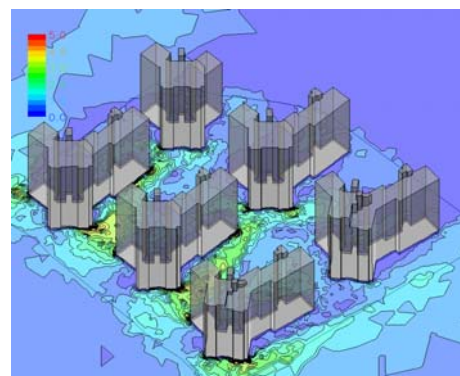


(b) 속도콘타

그림 8. 높이 2m에서의 풍속벡터 (평면)



(a) 속도벡터



(b) 속도콘타

그림 9. 높이 2m에서의 풍속벡터 (3D)

4. 결 론

CFD 해석방법을 통해 천안지역 2개 아파트 단지의 빌딩풍에 관한 해석을 실시하였다. 본 연구에서는 천안시의 풍향과 풍속을 고려하여 아파트 단지내의 빌딩풍 해석을 중점적으로 파악하였으며 이러한 과정을 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) A단지에서는 주풍향이 북서풍으로 전체 아파트 단지에 약 30°정도의 각으로 건물에 바람이 유입되고 있으며, 이로 인해 101동과 103동 외부의 모서리 부분에서 2m/s이상의 풍속이 형성되었다. 그 풍속이 형성되는 부분은 101동의 경우 도로가 있으며, 103동의 경우 지상주차장으로 계획되어 있어 주거하는 사람들에게는 직접적인 영향은 적을 것으로 사료된다.

(2) A단지의 101동과 102동의 중간부분 역시 2m/s이상의 풍속이 형성되고 있으며, 그 부분은 중앙광장으로 계획되어 있어 수목을 형성하는 등 건축적인 고려사항이 필요할 것으로 판단된다.

(3) B단지에서는 주풍향을 서풍으로 해석한 경우, 건물과 건물사이에 4.0 m/s 전후의 풍속이 형성되었다. 이는 바람에 의한 불쾌감을 느낄 정도는 아닌 것으로 파악된다.

본 해석을 통하여 검토한 2개 공동주택 단지에서는 빌딩풍에 의한 심각한 피해가 나타나지 않았다. 그러나, 이러한 건축사례 연구를 거듭하여, 향후 건축적 대안을 도출하고 설계기준을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

본 해석에서의 평균풍속을 기준으로 검토하였으나 보다 정확한 해석을 위해서는 바람의 빈도를 기준으로 돌풍, 태풍 등과 같은 특수한 상황에 대한 검토가 아울러 이루어져야 하겠다.

참고문헌

1. 빌딩의基礎智識, 風工學研究所 편저, kazima출판사
2. CFDによる建築・都市の環境設計工學, 村上周三 著, 동경대학출판회
3. 박상동 외, 그린빌딩 보급 촉진방안, 한국그린빌딩협회의회 창립강연회 발표집, 2000.4
4. 천명진 외, CFD를 이용한 전통가옥의 풍환경 분석, 한국생태환경건축학회 춘계발표대회논문집, 2005.5
5. 이정현 외, 아파트 주동형태 변화에 따른 외부기류 정체도 및 주호 환기성능, 대한설비공학회 하계발표대회논문집, 2005.6
6. 최태환 외, 수치해석을 이용한 자연환기 설비의 환기량 해석에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계), 2007.9
7. 김동우 외, 보행자 레벨의 풍환경 개선 연구사례, 대한건축학회 논문집, 2008.4

투고(접수)일자: 2008년 7월 8일

심사일자: 2008년 7월 11일

게재 확정일자: 2008년 8월 8일