

2021

CFD해석기법을 활용한 풍환경 평가 가이드라인

목 차

1. 일반사항	1
1.1 목적	1
1.2 적용범위 및 적용조건	1
1.3 참고기준	2
1.4 용어의 정의	2
1.5 기호의 정의	2
2. 난류 유동 해석 기법의 선정	3
2.1 난류 유동 전산해석기법 선정	3
2.2 난류 모형의 선정	4
2.3 수치 기법의 선정	5
3. 전산 모형의 설정	6
3.1 전산 영역	6
3.2 지형과 경관 모형	8
3.3 건축물 모형	9
3.4 전산 해석 격자의 구성	10
3.5 대상 영역의 풍환경 자료 구축	12
3.6 경계조건	13
4. 풍환경 평가	18
4.1 풍환경 평가 조건	18
4.2 풍환경 평가 절차	18
4.3 풍환경 평가 해석 기법의 검증	19
4.4 풍환경 평가 해석 결과	19
참고문헌	21

CFD해석기법을 활용한 풍환경 평가 가이드라인 및 해설

1. 일반사항

1.1 목적

이 가이드라인은 건축물 주변의 풍환경을 평가하기 위하여 전산유체역학 (CFD, Computational Fluid Dynamics) 기법을 이용하는 경우 대기 유동 모형화의 난류 유동 해석 기법, 난류 모형 및 수치 기법의 선정, 전산 영역의 모형화, 경계조건의 설정, 풍환경 평가 절차 등을 규정함으로써 방법의 엄밀성과 효용성을 확보하는 것을 목적으로 한다.

1.2 적용범위 및 적용조건

1.2.1 적용범위

- (1) 본 기준은 신축 건물의 영향으로 변화하는 주변지역의 풍환경 평가를 위한 CFD 해석 기법에 적용하는 것으로, 평균적인 영향을 고려하기 위하여 정상 상태 (Steady State)의 풍환경만을 고려한다.
- (2) 본 기준은 “빌딩풍 저감 가이드라인”의 보행자 풍속평가에 적용될 수 있다.
- (3) 본 기준은 신규로 지어지는 건물 또는 단지 주변에 미치는 영향을 판단하는 것에 적용한다.

1. 일반사항

1.1 목적

이 가이드라인에서 제시되는 전산유체역학 (CFD, Computational Fluid Dynamics) 기법은 난류를 포함한 대기를 고려하여 연속방정식과 뉴턴 유체 (Newtonian Fluid)에 대한 운동 방정식의 해로서 풍속과 풍압의 수치해를 구하는 방법으로 정의한다.

1.2 적용범위 및 적용조건

1.2.1 적용범위

- (1) 신축 건물에 의해 주변 지역의 풍환경 변화는 공간과 시간의 함수로 높은 복잡도를 갖는 물리량에 의해 영향을 받는다. 그러나 신축 건물에 의한 풍환경 변화를 시간 영역에서 분석하는 것은 실무적 평가에 적합하지 않으므로 본 가이드라인은 시간 평균적인 영향평가에 적용된다는 것을 의미한다.
- (2) 국토교통부의 “빌딩풍 저감 가이드라인”에서 제시하는 보행자 풍속평가 방법으로 본 기준의 CFD 해석 기준을 활용할 수 있다.
- (3) 신축 건물에 의한 풍환경변화의 영향을 확인하기 위한 것으로 건물 외부나 단지 내부의 영향을 평가하는 것과 함께 단지 외부에 미치는 영향을 확인하기 위한 것이다.

1.2.2 적용조건

(1) 본 기준에서는 KDS 41 10 15(5 풍하중)에서 고려하는 자연 대기경계층을 고려한다. 즉, 중립 안정도 (Neutral Stability)를 갖는 대기에 적용한다.

(2) 풍환경은 대기의 온도 분포는 일정하다고 가정하여 건축물 주변의 풍속 분포만을 포함한다.

1.3 참고 기준

KDS 41 10 15(5.풍하중)에 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 본 가이드라인에서 사용되는 용어는 KDS 41 10 15(5.풍하중)에 따른다.

(2) KDS 41 10 15(5.풍하중)에 정의되어 있지 않은 용어는 다음으로 정의한다.

1.5 기호의 정의

H : (단일 건물의 경우) 대상 건물의 높이, 또는 (주변 건물을 포함하는 경우) 가장 높은 건물의 높이

z_0 : 지표면 거칠기

$U(z)$: 고도 z에서의 유입풍 풍속(m/s)

$U(10m)$: 기준 풍속(m/s), 3.5.3절 (1)항

K_{zt} : 풍속고도분포계수, KDS 41 10 15 (5 풍하중)

K_{zt} : 지형계수, KDS 41 10 15 (5 풍하중)

1.2.2 적용조건

(1) 대기는 열역학적 성질의 공간 분포에 따라 중립, 불안정 (Unstable), 안정 (Stable) 대기로 분류되며, 이에 따라 난류의 생성과 소산 특성이 변화한다. 그러나 본 가이드라인에서는 가장 일반적인 중립 안정도의 대기를 가정한다.

(2) 대기의 온도 변화에 따른 풍속 변화는 작은 것으로 가정한다.

1.3 참고 기준

KDS 41 10 15(5.풍하중)에 따른다.

1.4 용어의 정의

(1) 사용하는 용어는 기본적으로 KDS 41 10 15(5.풍하중)에 적용된 정의를 따른다.

(2) KDS 41 10 15(5.풍하중)에서 정의되고 있지 않은 용어에 대해서 본 가이드라인에서 새롭게 정의하여 사용하고자 한다.

1.5 기호의 정의

2. 난류 유동 해석 기법의 선정

2.1 난류 유동 전산해석기법 선정

2.1.1 난류 유동 전산해석기법

난류 유동으로서 대기경계층 내부의 풍환경 평가를 위한 CFD 기법은 (1) DNS(Direct Numerical Simulation), (2) LES(Large Eddy Simulation), (3) RANS(Reynolds Averaged Navier-Stokes)과 (4) RANS-LES Hybrid 등이 있다.

2. 난류 유동 해석 기법의 선정

2.1 난류 유동 전산해석기법 선정

2.1.1 난류 유동 전산해석기법

(1) DNS(Direct Numerical Simulation) : Navier-Stokes 방정식은 난류의 해석에 유효한 것으로 알려져 있고, 이 방정식을 직접 해결하려면 Kolmogorov 척도까지 흐름에 관련된 모든 척도를 계산하기 위해 매우 미세한 격자와 흐름 변수의 안정적인 시간 평균을 산출할 수 있을 만큼 충분히 긴 시간에 따른 솔루션이 필요하므로, 풍공학에서 일반적으로 발생하는 레이놀즈수에 비해 계산 수요가 너무 높아서 복잡한 문제에 적용은 부적합하다.

(2) LES(Large Eddy Simulation) : LES는 난류 현상을 수치 모사하는 방법의 하나다. 난류는 분자의 영향을 받는 작은 규모부터 다양한 크기의 에디들의 중첩으로 이루어져 있는데, LES 방법에서는 수치 모사하는 수치 영역에서 가장 큰 에디와 가장 작은 에디 사이의 특정 영역까지만 Navier-Stokes 방정식을 푸는 것을 말한다.

(3) RANS(Reynolds Averaged Navier-Stokes) : 모든 Scale의 난류를 이론적 모형으로 모사하는 방법으로 DNS나 LES에 비해 상대적으로 낮은 전산 자원 소요된다. 그러나 비정상 난류 모사의 정확성 모사에 어려움이 있다.

(4) Hybrid RANS-LES(Reynolds Averaged Navier-Stokes) : RANS와 LES의 장점을 살려 만든 모델로 주로 벽에서 가까운 곳에 RANS를 적용하고 먼 곳에 LES를 적용

한다. RANS와 LES를 적용하는 영역에 대한 명확한 구분 여부에 따라 zonal 모형과 non-zonal으로 나뉘며, 대표적인 Hybrid RANS-LES 모형로 Detached Eddy Simulation(DES)모형이 있다.

2.1.2 난류 유동 전산해석기법 선정

본 기준의 1.2.1절에서 기술한 정상 상태의 풍환경 평가를 위하여 풍공학에서 일반적으로 사용하는 RANS 기법을 적용한다.

2.1.2 난류 유동 전산해석기법 선정

DNS, LES 등의 고급 기법은 엄밀성은 뛰어나지만 방대한 크기의 전산 자원이 필요하며, 비정상 해석을 기본으로 수행된다. 따라서 본 가이드라인이 적용되는 정상 상태 풍환경 해석에는 실무적으로 활용이 가능한 크기의 전산 자원이 소요되는 RANS 기법이 적합하다.

2.2 난류 모형의 선정

2.2 난류 모형의 선정

2.2.1 난류 모형

2.2.1 난류 모형

(1) 모형방정식은 RANS 기법에 의해 난류 유동을 해석하기 위해서는 난류 모형이 적용되며, 난류 모형은 고려되는 물리량인 소산율과 운동에너지를 포함하여 추가되는 방정식에 의해 0-방정식 모형, 1-방정식 모형, 2-방정식 모형 등으로 분류된다.

(1) 0-방정식 모형은 난류에 의한 영향을 물질 특성인 점성에 비례하는 것으로 가정한 가장 초기 난류 모형, 1-방정식 모형은 난류 운동 에너지의 이송 방정식이 포함된 형식으로 초기 난류 모형에 해당한다. 2-방정식 모형은 가장 일반적인 난류 모형으로 운동 에너지와 에너지 소산율의 이송 방정식이 포함된 형식에 해당한다.

(2) 2-방정식 모형은 Standard $k-\epsilon$, Standard $k-\omega$, SST (Shear-stress Transport) $k-\omega$ 모형 등이 가장 많이 이용된다.

(2) Standard $k-\epsilon$ 모형은 가장 일반적인 2-방정식 모형으로 반 경험적 모형이다. 다만 운동 에너지 방정식은 엄밀한 데 반해 소산율 수송 방정식은 물리적 추론에 기반을 두며, 완전히 난류이고 분자 점도의 영향은 무시할 수 있다고 가정함에 따라, 유동 박리 등이 나타나는 풍공학 분야에는 부정확성이 증가한다. Standard $k-\omega$ 와 SST (Shear-stress Transport) $k-\omega$ 모형은 Standard $k-\omega$ 의 문제점을 개선한 모형이다.

2.2.2 난류 모형 선정기준

본 가이드라인의 방법에는 standard k- ϵ 모형 또는 0 또는 1 방정식 모형은 적용하지 않는다.

2.3 수치 기법의 선정

- (1) 난류 유동 해석을 위한 CFD의 지배방정식의 해인 풍압 및 풍속을 구하기 위한 수치 해석 기법은 안정성, 수렴성 및 정확성이 검증된 방법을 이용해야 한다.
- (2) 수치 해석 기법에 1차 풍상차분법 (First order upwind scheme)과 같은 1차 방법은 적용하지 않는다.

2.2.2 난류 모형 선정기준

SST k- ϵ 모형은 가장 많이 적용되는 모형이며, SST k- ω 모형이 가장 효율적인 모형이나 격자가 세밀하게 배치되지 않을 경우 Standard k- ϵ 모형과 유사한 결과를 나타낼 수 있어, SST k- ω 모형은 적합한 격자 배치가 필요하다.

2.3 수치 기법의 선정

- (1) 안정성, 수렴성 및 정확성이 검증된 일반적인 방법으로는 SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations), SIMPLEC(Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations-Consistent), PISO(Pressure-Implicit with Splitting of Operators) 알고리즘이 있다.
- (2) 1차 풍상차분법은 과도한 수치 확산으로 인해 해의 정확도를 떨어뜨린다.

3. 전산 모형의 설정

3.1 전산 영역

3.1.1 단일 건물의 경우

(1) 단일 건물의 경우, 대상 건물 높이가 H일 때, 유입면과 대상 건물 외벽면의 거리는 5H 이상이 되도록 설정한다. (그림 3.1.1)



그림 3.1.1 주풍향 방향 단면 영역

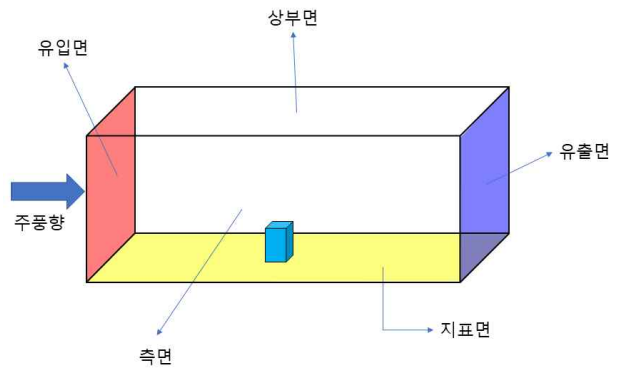
(2) 단일 건물의 경우, 대상 건물 높이가 H 일 때 측면 및 상단 경계와 대상 건물 외벽면의 거리는 3H 이상이 되도록 설정한다. (그림 3.1.2) 특히, 주풍향 수직단면의 전산 영역은 3.1.3절에 기술된 폐쇄율 조건을 고려하여야 한다.

3. 전산 모형의 설정

3.1 전산 영역

3.1.1 단일 건물의 경우

(1) 전산 영역의 유입, 유출, 측면과 상단 경계면은 해설그림 3.1.1과 같이 주풍향을 기준으로 정의한다. 유출면과 대상 건물 외벽면의 거리는 유동 발달을 허용하기 위해 10H 이상이 되도록 설정하며, 유입면은 충분히 발달한 대기경계층이 대상 건물에 유입될 수 있도록 5H 이상이 되도록 설정한다. (그림 3.1.1)



해설그림 3.1.1 전산영역

(2) 대상 건물 외벽면과 유입면, 측면, 유출면과 상단 경계의 거리는 해석 결과에 영향을 미치는 변수이다.

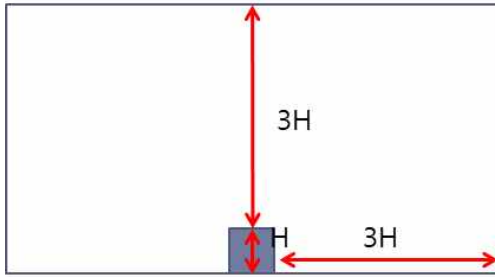


그림 3.1.2 주풍향 수직단면 전산영역(단일건물)

3.1.2 주변 건물을 포함하는 경우

- (1) 주변 건물을 포함하는 경우, 가장 높은 건물의 높이가 H일 때 유입, 측면 및 상단 경계와 대상 건물 외벽면의 거리는 5H 이상이 되도록 설정한다. (그림 3.1.3) 특히 주풍향 수직단면의 전산영역은 3.1.3절에 기술된 폐쇄율 조건을 고려하여야 한다.
- (2) 유출면과 대상 건물 외벽면의 거리는 유동 발달을 허용하기 위해 15H 이상이 되도록 설정한다. (그림 3.1.1)

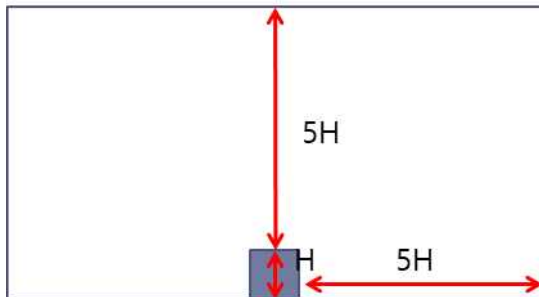


그림 3.1.3 주풍향 수직단면 전산영역(주변건물 포함)

3.1.3 주풍향 수직 단면의 차단율

- (1) 대상 건물 및 주변 건물로 인한 주풍향에 수직한 면의 폐쇄율은 5% 이내가 되도록 설정한다.

3.1.3 주풍향 수직 단면의 차단율

- (1) 유한한 크기의 대기 영역에 해당하는 전산영역에 대상 건물 및 주변 건물로 인한 주풍향에 수직한 면의 폐쇄되는 경우, 유량 보존의 법칙에 의한 풍속의 변화가 베르누이 법칙에 따라 풍압에 영향을 미친다. 이러한 영향을 최소화하기 위하여 폐쇄율을

5% 이내가 되도록 제한한다.

3.2 지형과 경관 모형

3.2.1 수치 고도 모형의 적용

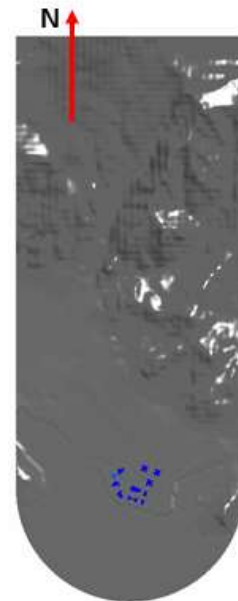
- (1) 설정된 전산영역의 지표면 또는 수표면의 고도 정보는 범용 지리정보체계에서 일반적으로 이용되는 수치고도모형(DEM, Digital Elevation Model)을 이용한다.
- (2) 단, 대상 건축물을 기준으로 반경 500m 이상의 지표면은 DEM을 단순화한 고도모형을 적용할 수 있다.

- (3) DEM의 해상도는 지표면에서 대상 건물의 수평 단면의 최소폭의 50%를 초과하지 않아야 한다.

3.2 지형과 경관 모형

3.2.1 수치 고도 모형의 적용

- (1) 우리나라의 수치고도모형(DEM, Digital Elevation Model)은 국토지리정보원에서 제공하는 수치 지도를 기초로 제작될 수 있다. (해설그림 3.2.1)



해설그림 3.2.1 수치고도모형을 이용한 지형 모형

- (2) 대상 건축물 기준 반경 500m 이내의 지표면 형상은 직접적으로 대상 건축물의 풍환경에 영향을 줄 수 있으므로 DEM을 이용하여 모형화가 필요하다. 그러나 500m 이상의 영역은 전산 해석의 효율성을 위해 단순화할 수 있다.
- (3) DEM의 해상도가 지표면에서 대상 건물의 수평 단면의 최소폭의 50%를 초과하는 경우 CFD 해석의 수치 오차가 크게 증가할 수 있다.

3.2.2 경관 모형

(1) 대상 건축물의 외벽면으로부터 3H 또는 300m 중 작은 값 이내에 있는 조경 등의 경관 요소는 3.5.1절에 기술된 지표면 조건에 따라 모형화한다.

3.3 건축물 모형

3.3.1 전산 모형 대상 건축물의 범위

(1) 대상 건축물로부터 3H 또는 300m 중 큰 값 이내의 거리에 포함된 주변 건축물은 모두 전산 모형화한다.

3.3.2 건축물 모형화 기준

(1) 대상 건축물과 (전산 영역 내에 주변 건축물이 있는 경우) 주변 건축물 외형에 나타난 길이 1m 이상의 특징은 3차원 형상 모형에 포함한다.

3.2.2 경관 모형

(1) 대상 건축물의 외벽면으로부터 3H 또는 300m 중 작은 값 이내에 있는 조경 등의 경관 요소는 지표면 거칠기에 포함하여 모형화한다.

3.3 건축물 모형

3.3.1 전산 모형 대상 건축물의 범위

(1) 대상 건축물로부터 가까운 거리에 있으며, 대상 건축물에 의해 교란된 풍환경에 영향을 받거나, 대상 건축물에 영향을 주는 주변 건축물은 모형에 포함해야 한다. (해설 그림 3.3.1)



해설그림 3.3.1 건축물 3차원 모형

3.3.2 건축물 모형화 기준

(1) 돌출된 구조에 의해 교란되는 유동의 평균적인 크기는 구조의 돌출 길이에 상응한다. 한편 보행자에 직접 영향을 미치는 유동의 평균 크기는 보행자의 수평폭 (예, 신체의 가슴폭)에 해당한다. 성인의 최대 신체폭이 평균적으로 약 0.6m이므로 CFD 해석에 요구되는 최소격자는 0.3m 보다 작아야 하며, 이 크기의 최소격자로 시뮬

- (2) 이때 1m 이상의 특징은 해당 형상이 나타나는 건축물 외면의 평균면을 기준으로 한다.
- (3) 주변 건축물의 포함하는 경우, 대상 건축물의 높이를 H라고 할 때 대상 건축물로부터 1~2H 이상 거리에 있는 주변 건축물은 바닥 면적의 크기와 높이가 실제 건축물과 유사한 형상의 직육면체로 단순화한다.
- (4) 건축물의 입구와 주요 보행자 구역 근처의 건물 형상은 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 활용 가능한 전산 자원의 범위에서 최대한 상세하게 모형에 포함되어야 한다.

3.4 전산 해석 격자의 구성

3.4.1 격자의 구성

- (1) 격자의 형태는 사면체, 육면체, 팔면체 등을 적용할 수 있으며, 육면체를 권장한다.

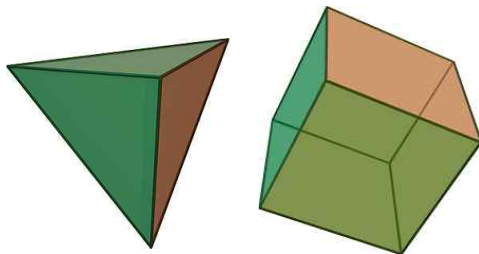


그림 3.4.1 사면체와 육면체 격자

- (2) 건축물 벽면이나 지표면 격자의 높이는 최소 0.3m 이내가 되도록 한다. 단, 지표면이

레이션이 가능한 유동의 교란은 약 1m 이상이다. 따라서 돌출된 구조의 길이가 1m 이상의 경우에는 모형에 포함한다.

- (3) CFD 해석의 효율적 활용을 위해 주변 건축물의 포함하는 경우, 대상 건축물의 높이를 H라고 할 때 대상 건축물로부터 1~2H 이상 거리에 있는 주변 건축물은 바닥 면적의 크기와 높이가 실제 건축물과 유사한 형상의 직육면체로 단순화할 수 있다.
- (4) 가이드라인 3.3.2의 (1)항에 따른 기준을 적용할 수 있다.

3.4 전산 해석 격자의 구성

3.4.1 격자의 구성

- (1) 육면체 격자가 일반적으로 수치 해석 과정의 오차가 적다.

- (2) 해설 3.3.2의 (1)항의 설명을 참고로 한다. 경계조건으로서 벽면 함수에 대한 설명은

나 건축물 벽면에 경계조건으로 벽면 함수를 적용하는 경우에는 경계조건이 요구하는 격자의 크기를 만족하도록 한다.

- (3) 지표면으로부터 보행자 풍속이 계산되는 높이(1.5 ~ 2m)까지 영역에 지표면과 건축물 외면으로부터 수직 방향으로 최소 3개 이상의 격자를 포함한다.
- (4) 지표면이나 건축물 외면에 접촉한 격자로부터 거리가 떨어진 전산 영역의 격자 크기를 증가시킬 수 있다. 그러나, 두 개의 연속된 격자 사이의 확장 비율은 1.2 이하로 한다.

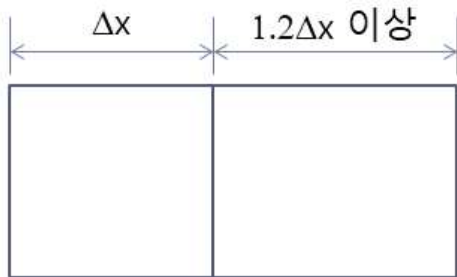


그림 3.4.2 격자 길이 확장 비율

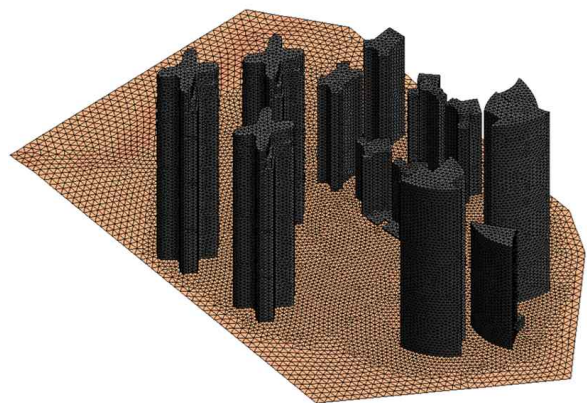
- (5) 건축물 외면에 접한 격자는 건축물 외면의 수평 단면으로 기준으로 한쪽 면에 최소 10개의 격자를 구성한다.
- (6) 3.1절에서 규정한 전산 영역에서 최대 격자 크기는 40m 이하로 제한한다.

3.4.2 수렴도 검증 격자의 구성

- (1) 구성된 격자의 적합성을 보이기 위해서 적용되는 격자는 거친 격자, 기준 격자, 상세 격자의 3단계로 구성될 수 있으며, 각 단계별 격자의 크기는 차원별로 1.5배의 차이를 갖도록 한다.

해설 3.6.2를 참고한다.

- (3) 해설 3.3.2의 (1)항의 설명을 참고로 한다.
- (4) CFD 해석의 효율성 등을 위해 지표면이나 건축물 외면에서 떨어진 영역의 격자 크기는 연속적으로 증가시킬 수 있다. 그러나 인접한 격자의 갑작스러운 크기 변화는 과도한 수치 해석 오차를 유발하게 되므로 연속된 격자 사이의 확장 비율은 길이 비를 1.2 이하로 제한한다.



해설그림3.4.1 건물군 및 주변 전산 격자

3.4.2 수렴도 검증 격자의 구성

- (1) CFD 해석 결과의 타당성을 검증하기 위하여 적용되는 난류 모형 (2.2절), 수치 기법 (2.3절)과 격자 구성의 적합성을 보이기 위해서 적용되는 격자와 그보다 작은 수의 격자 구성 및 많은 수의 격자를 이용한 해석 결과를 비교하는 과정이다. 검증 과정

은 4.3절에 따른다.

3.5 대상 영역의 풍환경 자료 구축

대기경계층 내부의 건축물 주변 풍환경은 지표면의 거칠기와 지형, 기상조건에 의해 주어지는 외기 조건인 풍속에 의해 결정된다.

3.5.1 지표면 조건

- (1) 대상 건축물 풍상측의 지표면 조건은 KDS 41 10 15(5. 풍하중)에 정의된 지표면 조도 구분으로 설정한다.
- (2) 풍상측의 지표면 조건을 결정하기 위하여 위성 사진 또는 수치 지도인 토지 피복도 등을 이용할 수 있으며, ESDU를 활용하여 적절한 지표면 조도를 선정하여 대상 영역의 지표면 조건에 적용할 수 있다.

3.5.2 지형 조건

- (1) 3.2절에서 수치고도모형에 의해 지형의 3차원 형상이 모형화되므로 KDS 41 10 15(5. 풍하중)의 지형효과는 고려하지 않는다.

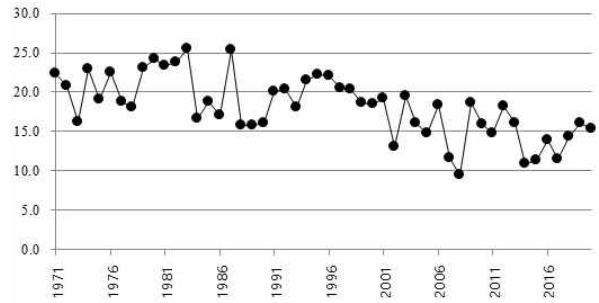
3.5.3 기상조건

- (1) 대상 지역 최인근에 위치한 기상청의 관측 지점에서 관측된 기록을 이용하며, 풍속은 관측지점의 지표 거칠기와 지형의 영향은 KDS 41 10 15(5. 풍하중)에 따라 대상 지역의 지표 거칠기를 고려하여 보정하여 결정한다. 기준 풍속은 지상 10m, 지표 조도 구분 C (3.6.2절 참조), 평지 지형에서 정의한다.

3.5 대상 영역의 풍환경 자료 구축

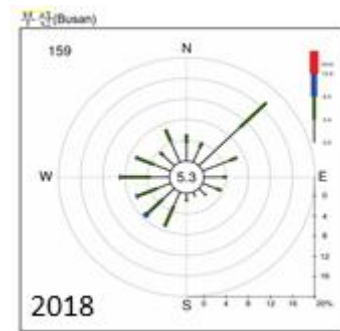
3.5.3 기상조건

- (1) 관측 기록은 CFD 해석을 이용한 풍환경 평가의 목적에 따라 1시간 평균, 일 평균, 일 최대 풍속 등을 이용한다. 단, 적용 풍속의 종류는 풍공학 전문가의 의견에 따른다. 보정된 풍속은 기준 풍속으로 전산 영역의 유입면 경계조건 (3.6.3 참조)을 결정할 때 적용한다.



해설그림 3.5.1 관측 풍속 시계열

(2) 대상 지역의 풍향은 최근근에 위치한 기상청의 최소 20년 이상 관측 기록에 의한 풍향별 빈도인 바람 장미를 이용한 분석 결과를 고려한다.



해설그림 3.5.2 바람 장미

3.6 경계조건

3.6.1 경계조건의 구성

- (1) 경계면은 전산영역 내부의 대기 영역을 둘러싸는 면으로 정의되며, 그림 2-1에 보인 유입면, 유출면, 상부면, 측면, 지표면과 건축물 표면으로 구성한다.
- (2) 경계면은 전산 모형의 설정 필요에 따라 결합될 수 있다.
- (3) CFD에 의한 풍환경 평가를 위해서는 경계면에서 풍속 또는 풍압이나 풍속의 기울기가 경계조건으로 주어져야 한다.

3.6.2 지표면 경계조건

- (1) 지표면에 접한 격자의 1차원 크기가 충분히 작은 경우 (1mm 이내), 지표면에서는

3.6 경계조건

3.6.1 경계조건의 구성

- (1) CFD에 의한 풍환경 평가를 위해서는 전산영역을 둘러싸는 모든 경계면에서 주어지는 유동 조건을 경계조건이라고 한다.
- (3) 모든 경계면에는 풍속 조건 또는 풍압이나 풍속의 기울기가 선별적인 경계조건으로 주어져야 한다.

3.6.2 지표면 경계조건

- (1) 실제 물리적인 환경에서 지표면에 접한 움직이는 대기 분자는 지표와의 점성 마찰로

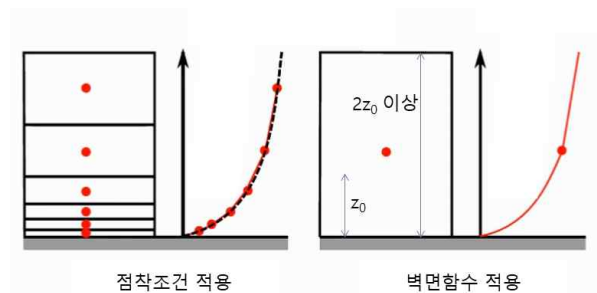
점성 유체인 대기는 점착 조건 (No-slip condition)에 의해 풍속이 0이 되도록 경계 조건을 주어야 한다.

- (2) 지표면에 접한 격자의 크기가 충분히 작지 않은 경우, 벽면함수 (Wall Function) 모형을 이용하여 풍속의 기울기를 경계조건으로 줄 수 있다.

운동 에너지가 소산되어 이동하지 않는 점착 조건(No-slip condition)으로 풍속은 0으로 설정한다.

- (2) 그러나 이러한 환경을 유한한 크기의 전산 격자를 이용하여 모사하기 위해서는 매우 작은 격자의 크기와 상응하는 매우 많은 수의 격자가 요구되며, 이 경우 풍공학 적용에 어려운 정도의 전산 자원이 필요하다. 예를 들어 약 100m 길이 규모의 3차원 공간의 대기 유동에 대해 CFD 해석을 함에 있어 점착조건을 적용하기 위해서는 1010 (100억개) 이상의 격자 수가 필요하여 현실적으로 적용이 어렵다.

따라서 지표면에 인접한 유동 속도의 수직 분포가 로그함수의 형태를 갖는다는 관찰 결과를 기초로 하여, 결정된 지표 거칠기 z_0 를 고려한 벽면 함수를 이용하여 경계조건을 설정할 수 있다. 이 경우 벽면에 접한 격자의 크기를 충분히 작게 하지 않아도 되는 장점이 있다.



해설그림 3.6.1 점착 조건과 벽면함수

- (3) 벽면함수를 적용하는 경우 지표면에 접한 최소격자의 높이는 지표면 거칠기 높이의 2배 보다 크도록 설정한다.
- (4) 벽면함수를 적용하는 경우, 요구되는 지표면 거칠기 길이 z_0 는 대상 건축물의 풍상

측 지표면 조도 구분을 이용하여 표 1에 의해 결정한다. 이때 풍상측 지표면 조도 구분은 KDS 41 10 15(5. 풍하중)에 의해 결정한다.

표 361 지표면 조도 구분에 따른 지표면 거칠기 높이

지표면 조도 구분	A	B	C	D
z_0 (m)	1.0	0.3	0.01	0.001

3.6.3 유입면 경계조건

- (1) 유입면에는 수직 방향의 평균 풍속 분포와 난류 강도 분포를 경계조건으로 주어야 한다. 그리고 적용한 난류 모형의 k, ϵ 또는 ω 식을 제공해야 한다.
- (2) 평균 풍속의 수직 분포는 KDS 41 10 15 (5 풍하중)에 의해 지상 10m의 기준 풍속, 풍상측의 지표면 조도 구분에 따른 풍속 고도분포계수, 지형계수에 의해 식 3.6.1과 같이 계산된다.

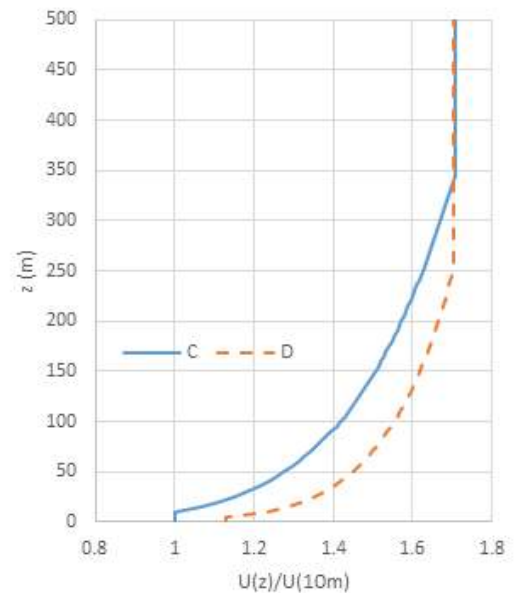
$$U(z) = U(10m) K_{zr}(z) K_{zt}(z) \text{ (m/s)}$$

식 3.6.1

여기서, $U(10m)$: 기준 풍속(m/s),
 3.5.3절 (1)항
 K_{zr} : 풍속고도분포계수,
 KDS 41 10 15 (5 풍하중)
 K_{zt} : 지형계수, KDS 41 10 15
 (5 풍하중)

3.6.3 유입면 경계조건

- (2) 아래 그림은 지상 10m에서의 기준 풍속으로 무차원화한 대기 경계층 풍속의 수직 분포로서 지표 조도 구분 C와 D의 경우를 비교한 것이다.



해설그림 3.6.2 평균 풍속 수직 분포

- (3) 기준 풍속은 3.5.3의 (1)항과 같이 풍환경 평가의 목적에 따라 별도의 기준에 의해 결정한다.
- (4) 난류 강도의 수직 분포는 KDS 41 10 15 (5 풍하중)에 의해 지표 조도 구분에 따른 풍상층의 경도풍 높이를 이용하여 식 3.6.2와 같이 계산한다.

$$I_z = 0.1 \left(\frac{z}{Z_g} \right)^{-\alpha - 0.05} \quad \text{식 3.6.2}$$

여기서, α : 풍속고도분포지수
 z_g : 기준경도풍높이(m)

3.6.4 건축물 벽면 경계조건

- (1) 건축물 벽면에 접한 격자의 1차원 크기가 충분히 작은 경우 (1mm 이내), 지표면에서는 점성 유체인 대기는 점착 조건 (No-slip condition)에 의해 풍속이 0이 되도록 경계조건을 주어야 한다.
- (2) 건축물 벽면에 접한 격자의 크기가 충분히 작지 않은 경우, 벽면함수 (Wall Function) 모형을 이용하여 풍속의 기울기를 경계조건으로 줄 수 있다.
- (3) 벽면함수를 적용하는 경우, 요구되는 표면 거칠기 길이는 0.01m 이하로 설정한다.

3.6.5 측면과 상부면 벽면 경계조건

- (1) 측면과 상부면에서는 전산 영역 내부와 외부의 대기가 연속적으로 유동될 수 있도록 미끄러짐 조건에 의해 풍속의 기울기가 0이 되도록 설정한다.

3.6.6 유출면 경계조건

- (1) 풍하층의 유출면에서는 건축물을 지나며

3.6.4 건축물 벽면 경계조건

- (1) 건축물 벽면에서의 경계조건은 3.6.2에 기술된 지표면 경계조건과 동일한 기준으로 결정하되, 풍공학 전문가의 의견을 고려한다.

교란된 대기가 원활하게 유동될 수 있도록
절대 압력이 대기압과 같도록 설정한다.

- (2) 주풍향방향 풍속의 주풍향방향 기울기를
0으로 설정하여 적용할 수도 있다.

4. 풍환경 평가

4.1 풍환경 평가 조건

- (1) 풍환경 평가 조건으로 3.6.3절에서 기술한 지상 10m에서의 기준 풍속과 평가 풍향을 결정한다.
- (2) 기준 풍속은 3.5.3절에 기술한 바와 같이 풍환경 평가의 목적에 따라 수집된 기상 정보를 이용하여 결정한다.
- (3) 풍향은 최소한 8풍향 이상을 설정하되 대상 건축물을 중심으로 등간격 또는 부등간격의 풍향 결정은 대상 지역의 특성을 고려하여 결정한다.
- (4) 신축 건축물에 의한 풍환경 영향을 분석하기 위하여 신축 건축물 유무에 따른 분석이 수행되어야 한다.

4.2 풍환경 평가 절차

본 가이드라인을 이용하여 신축 건축물에 의한 풍환경 영향을 분석은 다음의 절차를 따른다.

- (1) 기상정보, 지형정보, 지표정보, 건축물 형상 정보 수집
- (2) 전산해석기법과 수치기법 결정
- (3) 대상 영역 결정
- (4) 지형 및 주변 건축물의 3차원 형상 모형화
- (5) 대상 건축물의 3차원 형상 모형화
- (5) 대상 영역 격자 구성 (대상 건축물 유무 구분 필요)

4. 풍환경 평가

4.1 풍환경 평가 조건

- (3) 추가적인 풍향의 결정은 풍공학 전문가의 의견을 고려하여 결정한다.



해설그림 4.1.1 풍향별 해석 영역

4.2 풍환경 평가 절차

- (5) 해석 기법 검증 (4.3 절 참조)
- (6) 풍향별 해석
- (7) 결과 처리 및 분석

4.3 풍환경 평가 해석 기법의 검증

- (1) 풍환경 평가에 이용된 CFD 기법은 다음 중 하나의 경우에 의해 3.4.3절에서 기술한 적합성을 검증해야 한다.
- (2) 결정된 전산 모형에 대하여 선정한 1개의 풍향에 대해 3.4.3절에서 기술한 3단계의 격자 구성을 이용하여 풍환경 해석을 수행하고, 기준 격자를 이용한 결과가 상세 격자를 이용한 결과와 평균 오차 10%이내 임을 보여야 한다. 오차가 10%를 초과하는 경우 이를 만족하도록 격자 구성을 수정하여 다시 검증하여야 한다.
- (3) 검증을 위한 비교 결과는 일정 영역에서 풍속 또는 풍압의 분포를 이용한다.

4.4 풍환경 평가 해석 결과

- (1) 평가를 위한 결과의 종류는 풍환경 평가의 목적에 따라 결정하며, 풍공학 전문가의 의견을 고려한다.
- (2) 신축 건축물에 의한 대상 영역의 풍환경 변화를 평가하는 경우 보행자 높이를 포함하는 영역에서 건축물 유무에 따른 풍속의 변화를 나타내어야 한다.
- (3) 신축 건축물에 의한 보행자 풍속 영향을 평가하는 경우 기준 풍속 대비 보행자 높이에서의 풍속 분포를 나타내어야 한다.

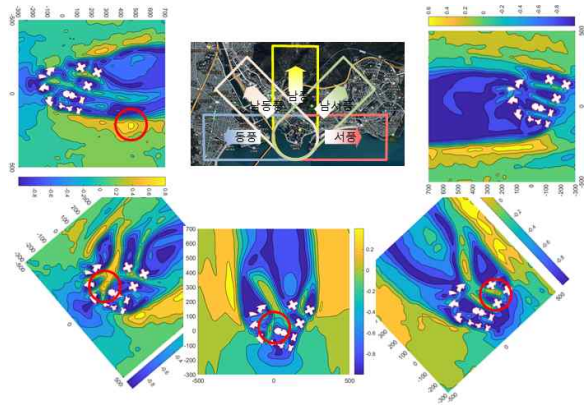
4.3 풍환경 평가 해석 기법의 검증

- (1) 풍환경 평가에 이용된 CFD 기법은 다음 중 하나의 경우에 의해 3.4.3절에서 기술한 적합성을 검증해야 한다.
- (2) 전산 격자의 크기와 구성은 CFD 해석의 타당성을 결정하는 중요한 요소이다. 따라서 크기가 상이한 격자로 구성된 경우에 대해 동일한 해석을 수행하고, 이용하려는 격자 구성의 결과가 상세 격자를 이용한 결과와 오차가 크지 않았을 때 이용하려는 격자가 적합한 것으로 인정할 수 있다.
- (3) 격자 구성의 차이에 따른 결과의 비교는 풍속 또는 풍압의 분포를 이용한다. 이를 위한 비교 영역은 지표면에 가까운 높이 (예, 보행자 높이)에서 1~2H 수평면의 값에 대한 공간 평균값을 이용할 수 있다.

4.4 풍환경 평가 해석 결과

- (2) 신축 건축물에 의한 대상 영역의 풍환경 변화를 평가하는 경우 보행자 높이를 포함하는 영역에서 건축물 유무에 따른 풍속의 비교를 해설그림 4.4.1과 같이 나타낼 수 있다.

(4) 보행자 풍속 결과를 바탕으로 보행자 수준에서의 풍환경 평가는 국토교통부 고시 풍동실험 신뢰성 향상 가이드라인 또는 빌딩풍 저감 가이드라인에 규정된 기법에 따라 확률·통계적으로 평가해야 한다.



해설그림 4.4.1 풍향별 해석 결과

참고문헌

1. ESDU 82026, 82nd Edition, Strong winds in the atmospheric boundary layer, 1993
2. A. Mochida, Y. Tominaga and R. Yoshie AIJ Guideline for Practical Applications of CFD to Wind Environment around Buildings, 4th CWE, 2006
3. City of London, Wind Microclimate Guideline, 2019
4. B. Blocken, T. Stathopoulos, CFD Simulation of Pedestrian-level Wind Conditions around Buildings: past achievements and prospects, 2013

CFD해석기법을 활용한 풍환경 평가 가이드라인

2021년 11월 30일 발행

국토교통부

관련단체 한국풍공학회
30125 세종특별자치시 새롬남로 18(새롬동, 새뜸마을 1단지) 108동1301호
☎ 070-5110-3716 E-mail : weiksamu@gmail.com
<http://www.weik.or.kr/>