

산업 시설물의 강풍 위험 평가 기법의 개발

Development of Risk Assessment of Strong Wind over Industrial Facilities

김학선* · 이승수** · 남광현*** · 김용달**** · 홍창문 · 심규철 · 김응철*****

Kim, Hak Sun · Lee, Sungsu · Nam, Kwang Hyun · Kim, Yong Dal

Hong, Chang Moon · Shim, Kyu Cheoul · Kim, Eung Chul

Abstract

Damages induced typhoons have been increased and super-typhoons have occurred frequently. In our study, we propose a storm risk assessment technique based on CFD for the industrial structures and equipment located in the coastal regions. Inflow wind speeds are obtained through the information of geography and meteorology in considering regions before pressures of wind-environment and structures corresponding to different winds are calculated with wind speed multiplier and pressure coefficient. The results are applicable to evaluate a warning wind speed or regions vulnerable to debris in a considering region and to examine the safety of structures and their exteriors.

1. 서론

자연재해 발생 요인으로는 지진, 태풍, 호우, 폭풍, 폭설, 우박, 낙뢰, 해일 등이 있으며, 국내의 경우 집중 호우와 태풍 등에 의한 연재해가 자주 발생하여 해마다 많은 인명 및 재산피해를 입고 있다. 특히, 국내의 경우 대부분의 자연재해가 6월~9월에 집중적으로 발생하고 있으며, 그중 발생 빈도가 높은 재해는 호우 및 태풍에 의한 것이다. 태풍에 의한 잠재 위험 요소는 그림1과 같이 강풍과 동반 강우, 그리고 강풍에 의한 폭풍해일이 있으며, 이러한 위험 요소로 인해 인명피해와 주요 시설물의 피해를 가져 온다.

태풍 피해는 대형화/광대역화 되고 있으며, 국내 사업장의 건축 및 시설비용 증대로 재해 피해 규모가 증가되고 있는 실정이다. 태풍 피해 양상의 복잡화로 피해 추정이 어려우며, 피해 효과의 장기적 파급으로 사업 경영의 악화로 이어질 수 있다. 본 연구에서는 특히 태풍에 의한 강풍으로 인해 발생하는 시설 및 주변 풍환경의 위험성을 사전에 평가함으로써 피해 경감대책 수립과 대처능력 강화하기 위하여 CFD를 이용한 해석 방법과 해석 결과에 대한 응용 방법을 논의하고자 한다.

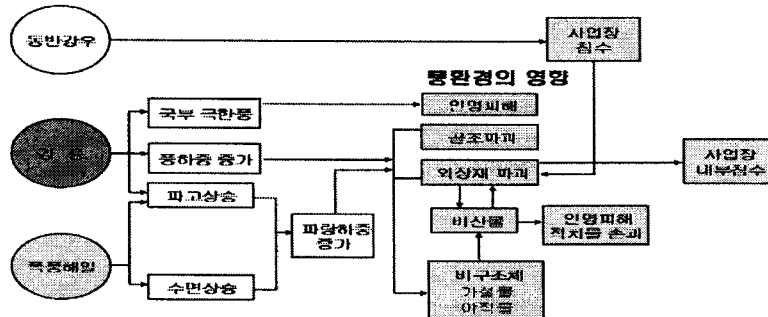


그림 1. 태풍에 의한 잠재 위험

* 충북대학교 구조시스템공학과 · 박사과정 · E-mail : haksun@chungbuk.ac.kr

** 충북대학교 구조시스템공학과 · 부교수

*** 주) 큐버솔루션 CAE팀 · 팀장

**** 주) 삼성화재 방재 연구소 · 소장

***** 주) 삼성화재 방재 연구소

2. 연구 범위 및 제한사항

2.1 CFD 해석 방법 및 해석 단계 설정

평가 대상의 풍환경을 평가하기 위해서는 평가지역의 기상정보와 지형정보와 평가 대상 지역의 강풍 피해 예상 지역을 사전에 조사할 필요가 있다. 그림2 에서는 풍환경을 분석하기 위한 해석 절차를 나타내고 있다. 지역 풍환경은 기상정보와 주변 지역의 지형 및 토지 이용도를 통하여 그림3과 같은 지역의 유입풍속의 Profile을 결정한다(대한건축학회, 2000). 그리고, 평가 대상 주변 지역의 지형정보와 대상 시설 및 건물의 설계도와 배치도를 기준으로 한 전산 모델링을 통하여 CFD 해석을 하게 되며, 건물의 표면 풍압과 평가 지역의 풍속을 통한 시설물의 구조적 위험 평가와 풍환경 평가를 통한 피해 경감 및 방재 대책수립을 하게된다.

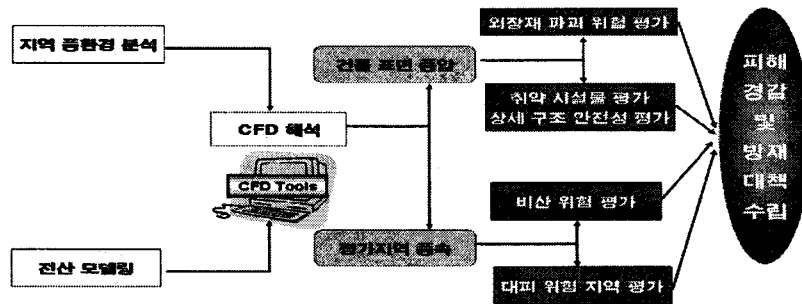


그림 2. 풍환경 해석 단계

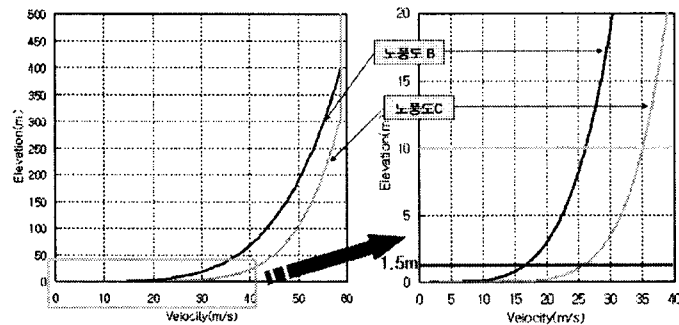
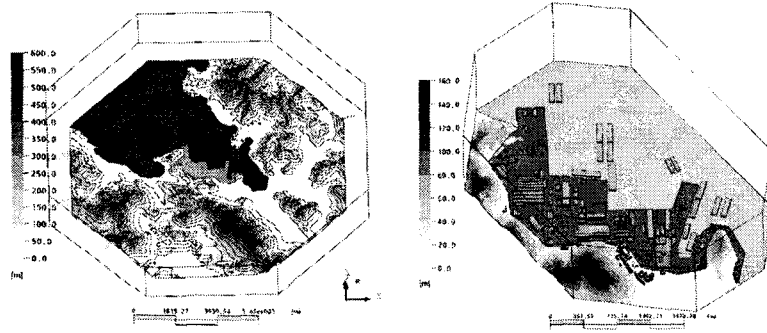


그림 3. 노풍도에 따른 유입 풍속(기본 풍속 35m/s)

2.2 대상 지역 및 시설물의 전산모델링

평가 대상 지역의 풍환경을 해석하기 위해서는 우선 기하학적인 정보를 필요로 하게 된다. 본 연구에서는 대상지역의 국립지리원에서 공급되고 있는 AutoCAD 수치지도와 평가 대상의 주요 건물의 외형 설계도 및 배치도를 기준으로 하여 평가 대상의 주변 지형 및 건물을 모델링하였으며, 평가 대상의 주변 토지 이용도를 조사하여 유입 풍속의 Profile(그림3)을 결정하는 노풍도와 지표조도를 결정한다.

평가 대상지역의 유입 풍속은 주변 지형에 의해 결정된다. 따라서 주변 지형이 유입 풍속에 영향을 크게 미치는 경우 대상 지역을 포함한 광대지역을 평가 할 필요가 있다. 그러나 평가 대상의 건물과 지형에 의한 모든 효과를 해석하기 위해서는 엄청난 양의 격자 정보가 필요하게 되어 일반 전산장비로는 해석이 어렵다. 따라서 주변 지형에 의한 평가 대상의 유입 풍속을 결정하기 위해서 평가 대상의 건물 정보를 제외한 지형 정보만으로 평가 대상의 유입 풍속의 크기와 profile을 해석한다. 이러한 해석 결과를 대상으로 평가 대상 지역의 지형과 건물 정보를 모델링함으로 전산 해석을 한다.



(a) 광대지역 지형 모델링 (b) 평가지역 지형과 건물 모델링
그림4. 평가 대상의 주변 지형과 건물 모델링

2.3 풍환경 평가 방법

풍환경을 평가하기 위해서 모든 유입 풍속에 대하여 건물의 표면 풍압과 풍환경을 해석하기는 어려운 점이 있다. 이러한 점을 해결하기 위해서 레이놀즈 수(Re)가 커지면 풍압 및 풍환경의 경향이 거의 동일하게 나타나게 된다. 이에 본 연구에서는 유입 풍속의 10m 풍속을 통하여 풍압계수(C_p)와 사람이 영향을 받는 지상 1.5m의 풍속을 통한 풍속할증계수를 식1과 그림4와 같이 정의하였다.

$$C_p = \frac{d}{0.5\rho V_{10m}^2} \quad (\text{식 1})$$

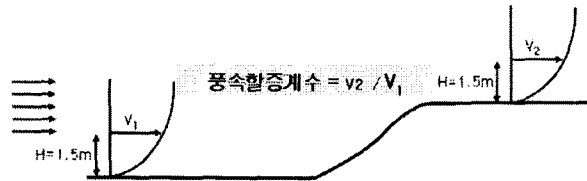


그림 4. 풍속할증계수

풍압계수는 건축물 하중기준의 가스트 계수와 비교를 통하여 건축물의 외장재 및 구조검토를 할 수 있는 값을 줄 수 있으며, 풍속할증계수는 동일 지상고의 유입풍속을 통하여 평가 지역의 지형과 지표 조도 그리고 건물에 의한 할증 및 할인된 값으로 표시하여 사람이 영향을 받는 높이에서 대피 위험 풍속의 세기와 야적되어 있는 적치물의 비산을 추정할 수 있다. 또한 풍압계수와 풍속할증계수는 해석되는 유입풍향의 모든 방향에 대하여 최대값을 산출하여 모든 방향에 대한 위험도 평가를 수행한다.

2.4 해석결과의 응용

평가 대상 지역의 CFD 해석 결과를 통하여 국내 해안 지역에 있는 한 사업장을 대상으로 풍환경 평가를 수행하였다. 그림5는 평가 대상 지역 일부분 지표 1.5m에서 풍속 할증 계수를 나타내고 있다. 동일 지상고 유입풍속이 20m/s 라면, 할증계수가 '1' 이면 20m/s가 되고 '2'가 되면 40m/s가 된다. 그림 6은 일부 건물의 풍압계수를 나타내고 있다. 10m 기본풍속이 20m/s이면 풍압계수와 기본 풍속의 동압을 곱하여 풍압력을 계산할 수 있다. 붉은색 계열은 정압(Positive Pressure)을 나타내고 청색 계열은 부압(Negative Pressure)을 나타내고 있어 건물에 작용하는 하중을 계산 할 수 있으며, 외장재의 경우 이탈할 수 있는 압력이나 파괴강도와 비교하여 외장재의 위험성 평가를 할 수 있다. 표 1은 유입풍속에 따른 평가 지역의 발생 상황을 보여주고 있다.

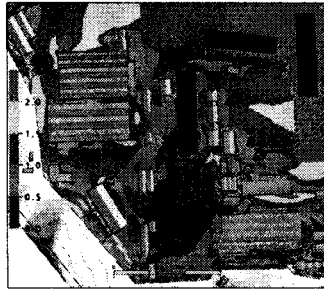


그림 5. 풍속할증계수

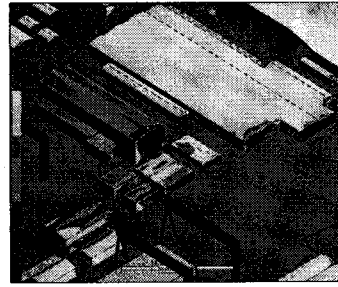


그림 6. 풍압계수

표 1. 유입풍속에 따른 평가 지역 풍환경 발생 상황

기상대 풍속 (지표 10m)	평가지역 최대풍속 (지표 1.5m)	발생 상황(Beaufort 풍력계급표)	비고
3 m/s	4.8 m/s	먼지가 일고 종잇조각이 날리며 작은 가지가 흔들림.	
6 m/s	9.5 m/s	큰 나뭇가지가 흔들리고 전선이 울리며 우산받기가 곤란함	칼라 강판 비산
9 m/s	14.3 m/s	작은 나뭇가지가 꺾이며, 바람을 안고서는 걸을 수가 없음. (지표 13m/s 이상 위험한 풍속)	대피 주의 풍속 국부적으로 위험 풍속 발생 지게차 팔레트 비산
12 m/s	19.0 m/s	수목이 뿌리채 뽑히고 가옥에 큰 손해가 일어남.	합판 비산
16 m/s	25.4 m/s	광범위한 파괴가 생김.	대피 위험 풍속 광범위한 위험풍 속 발생
20 m/s	31.7 m/s		자갈 비산
30 m/s	47.5 m/s		
40 m/s	63.4 m/s		

3. 결 론

CFD를 기반으로한 풍환경 평가는 평가 대상지역의 풍속 분포를 통하여 비산물 발생 위험 지역과 대피 위험 지역을 판단할 수 있으며, 대피 위험 풍속이나 사람이 야외에서 일하기 힘든 풍속 기준에 대하여 기상대 정보를 기준으로 하여 대피 위험풍속을 제시할 수 있어 태풍에 의해 발생할 수 있는 인명 피해와 재산의 손실에 대비할 수 있다. 그리고 건물이나 시설물의 표면 풍압을 통하여 구조 안전성 평가를 수행할 수 있는 기초자료를 확보할 수 있다. 표면 풍압은 외장재의 파괴 위험을 평가할 수 있으며 주요 시설물이나 바람에 취약한 시설물에 대하여 구조 안전성 평가를 함으로 태풍에 대비한 구조적 보강이나 새로운 설계 기준을 제시하여 준다.

감사의 글

본 연구는 주식회사 삼성화재 방재 연구소의 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. 대학건축학회 (2000), "건축물 하중기준 및 해설"
2. Emil Simiu, Robert H.Scanlan (1996) "Wind Effects On Structures"