

바람에 의한 환경장해와 그 대책

김 영 덕 (관동대학교 SOC공학부 교수)

1. 서론

최근 대도시에서는 사무실 건물 아파트 등 고층빌딩이 우후죽순처럼 세워져 있다. 이러한 초고층 빌딩이 속속 들어섬에 따라 이들 고층건물 주변에서는 강풍으로 인한 새로운 환경장해가 발생하고 있다. 고층건물로 인하여 그 주변에 발생하는 강풍은 주로 상공에서 부는 강풍이 고층건물에 부딪쳐 곧장 지상으로 내려가기 때문에 발생한다. 이 강풍은 지상에 내려와 건축물 부근을 강한 3차원난류장으로 만들며 이렇게 발생하는 바람을 빌딩바람이라고 한다. 이러한 빌딩바람은 인간의 활동과 재산상에 큰 피해를 주며 건축물 주변을 순식간에 열악한 환경으로 만들고 있다.

이 빌딩바람으로 인한 피해는 자동차가 전복되고 노인이 사망하는 등 크고 작은 많은 사건이 영국, 미국, 일본 등지에서는 이미 오래 전부터 발생했고, 피해자가 건물주, 시공업체 혹은 관련기관을 상대로 불편을 호소하여 법원에서 그 시비를 가린 사례도 비일비재하다. 이러한 사례가 빈번하게 속출되자 유럽, 미국, 일본 등에서는 이미 이러한 바람환경장해에 대한 피해를 최소화하기 위하여 적극적으로 노력하고 있다. 가까운 일본을 예로 들면 동경도(東京都) 조례에는 환경영향평가제도에 바람환경에 대한 조항을 삽입하여 15층 이상의 건물에 대해서는 의무적으로 그 평가를 받도록 되어 있고 또한 문제점이 있을 경우는 설계변경 등 그 대책을 계획단계에서부터 마련토록 되어 있다. 빌딩바람에 의한 환경장해를 막기 위하여 설계된 일본에서의 대표적 건물로서는 NEC 슈퍼타워건물을 예로 들 수 있으며 이 건물은 건물중간에 3

층 높이의 전 층을 풍혈(風穴)로 두어 하강하는 상공의 강풍을 이 쪽으로 유도하여 지상에 도달하여 지상에 도달하는 강풍을 줄이고 있다.

빌딩바람에 대한 문제점은 우리 나라 또한 예외일 수는 없다. 지난해 발생한 태풍매미가 부산을 강타했을 때 고층빌딩 주변에서 여러 가지의 풍해가 많이 발생한 것도 이에 속한다. 서울의 한국무역센터(55층)와 인터콘티넨탈호텔(34층) 등 초고층건물이 밀집해 있는 무역센터단지 주변도 대표적인 피해지역이다. 단지 내에 있는 현대백화점 직원 김모씨(31)는 “건물 골목에는 늘 심한 소음과 함께 회오리바람이 불어 보행자들이 큰 불편감을 느낄 정도”라며, 또한 “옥상의 보일러 분진 등이 떨어져 주차차량을 하얗게 덮을 때도 많다”고 호소했다. 초고층아파트가 많이 들어서 있는 신도시도 마찬가지다. 분당의 서현 현대아파트(19~25층)의 경비원 최모씨(62)는 “주민들이 배드민턴을 할 수 없고 비오는 날에는 우산도 쓰기 어려울 정도”라며 “건물 모퉁이 쪽은 바람이 거세 노인들은 걷기도 힘들다”고 말했다(이상 1997. 5. 9. 자 경향신문).

그러나 아직까지 우리 나라에서는 빌딩바람에 대한 어떤 명문화된 법적인 규정이 없을 뿐 만 아니라 그 대책 또한 극히 미미한 실정이다. 따라서 이에 대해 아무런 대책이 없이 세워진 고층건물 주변, 특히 분당, 일산 등 초고층 아파트 단지주변에서는 앞으로 큰 피해가 예상된다. 이처럼 빌딩바람으로 인한 환경장해는 인간의 활동장해에서부터 영업장해에 이르기까지 다양한 형태로 나타나며 예상되는 피해는 매우 심각한 실정이다. 그 예상되는 피해를 구체적으로 명시하면 다음에 표 1과 같다.

표 1. 빌딩바람에 의한 피해사례

장애 종류	내 용	발생사건의 형태
안 간 활 동 장 해	(1) 보행상의 장애 아이와 어른 노인과 청년 남자와 여자	(a) 의지대로 걸을 수 없다. (b) 호흡이 곤란하게 된다. (c) 돌풍에 의하여 몸의 균형을 잃는다. (d) 바람에 의하여 다리가 넘어질 것처럼 된다. (e) 바람에 넘어진다.
	(2) 산보 등 위안(慰安)상의 장애 (공원, 쇼핑)	(a) 벤치에서 신문, 책 등을 읽을 수 없다. (b) 바람이 강하여 산책할 수 없다. (c) 마음 편히 쇼핑을 할 수 없다.
	(3) 스포츠 등의 운동상의 장애	(a) 스케이트를 탈 수 없다. (b) 배드민턴, 테니스를 할 수 없다.
	(4) 신변장애	(a) 의복이 휘날린다. (b) 머리가 훑날리고 눈에 들어가기도 한다. (c) 우산을 쓸 수 없다. (d) 모자가 날라간다.
대 상 물 건 의 장 해	(1) 관리상의 장애	(a) 문의 개폐가 곤란하다. (b) 상자가 쓰러지거나 굴러간다. (c) 입간판(立看板)이 쓰러진다. (d) 세탁물이 날라간다. (e) 갖고 있는 표나 돈 등이 날라간다. (f) 자전거가 넘어진다.
	(2) 안전성과 관련 있는 장애	(a) 유리가 깨진다. (b) 집이 흔들리고 베껴거린다. (c) 기와 등이 날라간다. (d) 문이 단숨에 닫힌다.
영 업 장 해	(1) 개방적인 영업(아채가게 등)	(a) 먼지투성이가 된다. (b) 진열품이 날라가고 떨어진다. (c) 비가 바람에 의하여 안으로 들어친다.
	(2) 폐쇄적인 영업(미장원 등)	(a) 문의 개폐가 곤란하다. (b) 문에 손이 낀다.
순 환 경 장 해	(1) 기온과 관련 있는 장애	(a) 기온이 내려가 춥다. (b) 바람이 없고 찌는 듯 덥다.
	(2) 소리와 관련 있는 장애	(a) 틈으로 들어오는 소리가 시끄럽다. (b) 건축물 모퉁이에서 바람을 자르는 듯한 소리가 난다. (c) 베껴덕거리는 소리에 시끄럽다. (d) 창문소리가 시끄럽다.
	(3) 오염 등과 관련 있는 장애	(a) 연기가 밑으로 내려간다. (b) 냄새가 퍼진다. (c) 굴뚝에서 연기가 역류한다. (d) 먼지가 날린다. (e) 쓰레기가 바람에 날려 쌓인다.
	(4) 기타	(a) 쿨링타워의 물이 날라간다. (b) 환기통의 효과가 없어진다.

2. 빌딩바람의 예측방법

건축물의 계획단계에서 주변에 발생하는 빌딩바람을 예측하는 방법으로는 풍동실험에 의한 방법, 탁상예측, 수치해석에 의한 방법 등이 있다. 이중 현재의 상황에서는 풍동실험에 의한 방법이 가장 정확하다고 할 수 있으며 최근에는 컴퓨터의 발달로 대형 컴퓨터를 이용한 수치시뮬레이션에 의한 방법이 새로운 도구로 등장하고 있는 실정이나 아직까지 복잡한 지형에서의 정확한 해석은 무리한 실정에 있다.

(1) 풍동실험

정량적인 실험으로는 풍속계를 사용해서 풍동 내에서 시가지 모형 각 지점에서 풍속을 측정하며, 정성적인 실험으로는 각종의 流動可視化(Flow Visualization) 수법을 사용해서 바람의 성상을 정성적으로 조사하며, 可視化시 사용되는 트레이서로는 각종 미분말, 유막, 연기 등이 있다.

(2) 수치해석

유체역학의 기초방정식(Navier-Stokes방정식, 난류에너지 방정식, 에너지-산일방정식)등을 대형 컴퓨터에서 푸는 방법이다.

(3)탁상예측

유사사례를 이용해서 예측하는 방법으로, 유사사례의 종류로는 실제의 시가지에서 관측한 사례, 실제의 시가지 모형을 사용한 풍동실험, 모델화 한 시가지 내에 설치된 고층 건축물모형을 사용한 풍동실험, 모델화 한 단독 혹은 복수의 고층건축물 모형을 사용한 풍동실험, 모델화 한 건축물이나, 시가지모형을 사용한 풍동실험으로부터 얻은 실험식등이다.

3. 풍환경의 평가기준

풍환경의 평가기준으로는 다음과 같은 것이 있고

평가를 할 시에는 이들 중 하나 혹은 그 이상을 선택하여 사용한다.

- 1) 시가지의 표준적인 바람에 대한 풍속비를 사용하는 척도
- 2) 고층건축물의 건설전후의 풍속비를 사용하는 척도
- 3) 풍속과 발생하는 현상과의 관계를 사용하는 척도
- 4) 풍속 및 그 발생확률을 사용하는 척도

일반적으로 시가지의 표준적인 바람에 비해서 풍속이 큰 장소는 주의가 필요하다. (1)의 척도 취지는 이 점에 있다. 표준적인 바람으로서는 지형 지물의 영향을 받지 않는 상공의 바람, 기존 시가지의 일반적인 바람, 상공의 바람을 지상의 바람으로 환산한 바람 등을 들 수 있다.

또한 (2)의 바람의 취지는 풍동 실험에 의해 예측된 건축물 건설전후의 풍속이 건설전의 풍속에 비해 증대된 경우에는 기존의 풍환경에 비해 풍속이 강하게 되므로 주의 할 필요가 있다.

(3)의 척도는 최근의 연구가 축적되어 비교적 신뢰성이 높다. 주로 유명한 뷰포트 계급을 풍해용으로 개량한 것이 많다. 이것은 인간에 대한 바람의 영향을 가장 잘 대표하고 있다.

따라서 (3)에 표시한 척도로는 강풍의 발생확률의 개념이 들어 있지 않다. 풍환경 평가에는 발생확률을 고려하는 것이 반드시 필요하다. 이것을 고려한 평가 척도가 (4)이다.

이러한 풍환경의 평가기준으로는 Davenport, Murakami, Melbourne, Penwarden등이 제시한 것이 사용되고 있다.

3.1 Davenport의 풍환경 평가 기준

Davenport는 뷰포트 척도와 초과 확률을 지표로 하여 대상지역을 공간 용도와 활동량에 따라 구분하여 허용된 강풍의 빈도로 평가할 수 있게 표 2와 같은 인체활동 상황과 적용장소별 풍환경 평가 기준을 제안하였다.

표 2. Davenport의 풍환경 기준

활 동	적용장소	체감범위			
		적 당	약간짜증	불 쾌	위 험
1.빠른 걸음으로 걷는다.	보도	5	6(43%)	7(50%)	8(53%)
2.경보, 스케이트	공원, 출입구 스케이트 링크	4	5(23%)	6(34%)	8(53%)
3.서있다. 앉아있다.(짧은시간)	공원, 프라자	3	4(6%)	5(15%)	8(53%)
4.서있다. 앉아있다.(장시간)	실외레스토랑 야외극장, 음악장	2	3(0.1%)	4(3%)	8(53%)
허용기준			< 1회/1주	< 1회/1월	< 1회/1년

- 1) 표 중의 숫자는 뷰포트계급, ()안의 숫자는 5m/s이상의 풍속이 일어날 빈도를 의미한다.
 2) 기온 > 10℃이상에서는 20℃가 내려감에 따라 뷰포트 계급이 1감소한다.

표 3. Davenport가 제시한 뷰포트 계급에 대응한 풍속

풍력 계급	풍속(miles/hour)		상 태
	평 균	범 위	
2 경 풍 Light breeze	5 (4)	4~7 (3~6)	얼굴에 바람이 스쳐 지나간다. 나뭇잎이 살랑인다.
3 연 풍 Gentle breeze	10 (8)	8~12 (6~10)	나뭇잎과 작은 가지가 흔들린다. 깃발이 나부낀다.
4 적 풍 Moderate breeze	15 (12)	12~18 (10~15)	먼지와 종이 날린다. 작은 가지가 흔들거린다.
5 질 풍 Fresh breeze	21 (17)	19~24 (15~20)	작은 나무가 흔들리기 시작한다.
6 강 풍 Strong breeze	28 (22)	25~31 (19~25)	큰 가지가 움직이고 전선에서 소리가 난다.
7 초강풍 Moderate gale	35 (28)	32~39 (25~31)	모든 나무가 다 움직인다. 보행이 어렵다.
8 폭 풍 Gale	42 (34)	39~46 (31~38)	나무가 부러진다. 움직일 수 없다.

(기준풍속높이 10m, 지면위 1.8m 평균풍속은 () 속의 값으로 10m의 80%값을 나타낸다.)

단, 이때 사용하는 뷰포트계급상의 풍속은 평균풍속을 이용하여 구하는 방법과 다음의 유효풍속 U_e 로 구하는 2가지 방법이 있다.

$$U_e = U_{mean} + 1.5 U_{rms}$$

단, U_{mean} : 평균 풍속(m/hour)

U_{rms} : 관측 시간(hour)에 대한 풍속의 표준 편차

예를 들면 공원에서 산책하기 적당한 지역을 평가한다고 할 때, 뷰포트 척도 5의 상태는 년 중 발생회수가 1주 미만이면 기준 범위 내로 허용되나 발생회수가 그 이상이면 범위를 초과하여 허용할 수 없는 지역이 된다. 또한 척도 6의 상태는 그 발생회수가 월 1회 미만이면 허용되나 그 이상이면 허용할 수 없게 평가된다.

3.2 Murakami의 풍환경 평가 기준

Murakami는 풍환경의 평가에 발생확률을 고려하여 평가 기준을 표 4와 같이 만들었다. 이것은 장기간에 걸친 주민 의식 조사와 다수의 지표부근의 풍관측과 피해 조사를 기초로 하여 만들었다. 이 표는 공간의 사용목적에 따라 바람의 영향을 받는 지역을 3가지로 분류하여 이에 해당하는 허용확률을 제시하였다. 1의 경우는 바람의 영향을 가장 받기 쉬운 장소로서 예를 들면 항상 개방하여 영업하는 점포 등이 이에 해당된다. 즉, 일단 풍해가 발생되면 피해를 받지 않을 수 없는 지역을 의미한다.

한편 3에 해당하는 지역은 바람의 영향을 가장 적게 받을 수 있는 지역으로 업무시설지구 등이 이에 해당한다. 이외에 평가척도에 강풍시 조우(遭遇)의 확률도 고려하였다. 즉, 강풍이 불어오더라도 사람이 다니지 않으면 보행자에 대한 피해 확률은 훨씬 적어질 수 있다. 이 표에서는 이러한 것도 현장 조사를 통하여 추가하였다.

일반적으로 강풍에 대한 발생 피해는 순간최대풍속이 가장 심각하게 영향을 주고 있으나 일일최대풍속과 돌풍률을 이용하여 구할 수 있는 방법을 제시하였다. Murakami의 방법은 기준 높이가 1.5m이며 평균 풍속의 평균화시간은 10분으로 온도에 대한 영향도 고려하고 있다. 이 방법은 풍속측정시간이 10분으로서 우리나라 기준과 일치하며 측정기준높이를 1.5m를 기준으로 보행자 중심의 척도를 제시했다.

단, $G.F = U_{max} / U_{mean}$ ($G.F$:돌풍률, U_{max} :최대순간풍속, U_{mean} :평균풍속)이며, 돌풍률은 대략적으로 밀집된 시가지는 2.5~3.0, 통상의 시가지 2.0~2.5, 특히 바람이 많이 부는 장소(고층빌딩근방)는 1.5~2.0 이다.

3.3 Melbourne의 풍환경 평가 기준

Melbourne은 보행자가 받는 풍속이 25m/s를 초과하게 되면 바람에 의해 몸이 날려갈 수 있으므로 이 풍속을 위험한 수위로 제시하였다.

또, Davenport의 공식을 응용하여 초과확률을 계산하여 이것에 의해 10~30℃의 온도에서 풍환경 허가 기준을 다음과 같이 제시하였다.

$$U_{peak} = U_{mean} + 3.5 U_{rms}$$

이 기준은 년 중 주간 최대풍속(Annual Maximum Gust)의 1회 발생 확률을 기준으로 하여 다음과 같은 값을 제시하였다.

- 1) 년 1회 발생 $U_{peak} < 10$ m/s 일 때 야외 레스토랑, 노천극장 등의 일반적으로 장기간 외기에 노출되는 장소에 허용
- 2) 년 1회 발생 $U_{peak} < 13$ m/s eye shopping, 광장에 서거나 앉아 있을 경우 등의 단기 간 노출 시 허용 풍속
- 3) 년 1회 발생 $U_{peak} < 16$ m/s 공공접근도 등에

표 4. 출현확률을 고려한 강풍에 관한 풍환경 평가척도(지상1.5m높이 기준)

	1	2	3
공간의 용도	가장 바람의 영향을 받기 쉬운 용도의 장소 주택가의 상점가, 야외 레스토랑	바람의 영향을 받기 쉬운 용도의 장소 주택가, 공원	비교적 바람의 영향을받지 않는 장소 사무소가
허용 빈도	일최대순간풍속 m/s (일최대평균풍속에서 10/G.F (m/s)을 초과하는 확률)		
	10%(연간 37일) 이하	22%(연간 80일) 이하	35%(연간 128일) 이하

서 보행시의 허용풍속

- 4) 년 1회 발생 U_{peak} < 23 m/s 보행 시 불편감을 느끼는 풍속
- 5) 년 1회 발생 U_{peak} > 23 m/s 보행 불가능한 위험 수준 풍속

이 평가는 기준이 되는 높이에 대한 고려를 하고 있지 않아 범용하기에 어려움이 있다.

그러나 간략히 허가하기에 편리한 장점을 가지고 있다.

4. 결론

이와 같이 얻어진 결과에 따라서 건축물 주변의 풍

환경이 열악한 것으로 나타날 경우 빌딩바람의 피해를 줄이기 위한 방풍 대책으로는 여러 가지 방법이 존재한다. 단지내의 건물배치나 건물의 상호관계를 조정함에 의해 주변에 발생하는 강풍을 크게 저감시킬 수 있는 경우가 있다. 또한 풍향에 대한 표면적이 작을수록 강풍발생이 적기 때문에 탁월 풍향을 고려한 건축계획 및 단면형상에 대한 배려도 매우 중요하다. 이밖에 수목의 식재, 방풍펜스, 방풍네트와 같은 차폐물을 건축물주변의 풍상측에 설치하는 방법 등이 있다.

따라서 우리도 보다 신뢰성 있고 선진화된 건축물을 만들기 위해서는 풍동실험이나 수치해석 등 보다 신뢰성 있는 예측수단과 방풍대책에 대한 기술개발과 이들을 활용한 적극적인 건축계획으로, 빌딩바람으로 인한 피해를 줄이기 위한 대책마련에 최선을 다해야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

경향신문, “무작정 개발이 부른 인재”, 1997,5,9자, 사회면
 김영덕, 새로운 환경장해 “빌딩바람”, 월간건설 1997,6월호
 村上周三, 第3章風論, 新建築學大系 p.p 257-219
 村上周三, 高層建築物による風害の豫測.對策と實驗手法について 1983,2 東京大學 生産技術研究所
 村上周三 외 7인, 世界各國의 風環境評價基準의 檢討(その1), 日本風工學會誌, p.p53-97 平成 2年