바람의 특성과 개정된 내풍설계 안

김영식 | 연구개발부대리
Tel : 02) 3433-7978
E-mail: kims@mail.ssyenc.co.kr

1. 개요

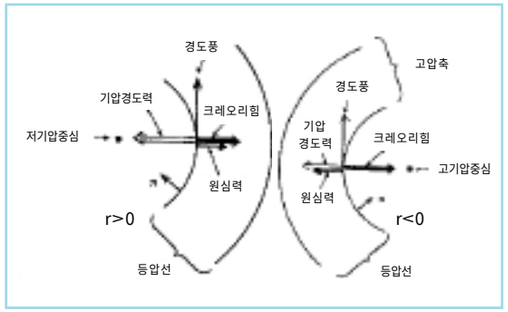
건축분야에서 다루는 바람은 대기경계층 내의 매우 난류적이고 변동성분이 강한 바람으로 지표면으로부터 상승할수록 속도가 증가한다. 따라서 건축물이 고층화될수록증가하는풍속과관련하여풍하중및바람의 동적성분에 대한 고려가 필수적으로 요구된다. 기상조건이취약한외국의경우일찍부터각국의실정을고려한영향계수및건물의사용연한과주위환경을고려한 중요도계수 등을 적용하고 있다. 일본의 경우는 외장재와 구조체에 대한 설계기준을 달리하여 경제적인 설계를 하고 있다. 국내의 경우, 몇차례 개정을 통하여 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 제 2장“ 하중 및 외력 ”부분에서 건축물에 작용하는 풍압을 정적하중으로 고려하고 바람의 동적특성은 가스트계수를 적용토록 하고 있다. 그러나 초기 풍하중 관련기준은 풍속에 대한 측정자료의 부족과 지역적 특성을 충분히 고려하지못한문제점을가지고있다. 즉, 국토의대부분이 산악지대고 지역별로 지면조도가 현저히 다르며 계절풍과태풍의영향이큼에도불구하고지역별기준풍속의 세분화 및 지형에 따른 특성이 고려되지 못했다. 그러나 최근(2000. 6. 5)에 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙이 개정되면서, 풍하중에 관한 기준이 크게 보완되었다. 이에 바람의 일반적인 특성과 풍하중 산정기준의 주요 변화내용을 중심으로 설명하여 내풍설계에대한이해를돕고자한다.

2. 바람의 일반적 특성

2.1 일반사항

지구의 표면은 태양열에너지를 받아 지표면의 피복상태에 따라 온도차가 발생하게 되는데 온도가 높은 부분은 저기압이 형성되고 반대로 온도가 낮은 곳은 고기압이 형성된다. 여기서 기압이 높은 부분에서 기압이 낮은 쪽으로 공기가 이동하게 되는데 이것이 우리가느끼는바람이다.

우리가살고있는지구는일정한각속도(ω= 7.29×10^{-5} rad/s로회전하고있다. 임의 좌표에서공기의운동은기압차에의한경도력과공기의관성력인 Coriolis의힘및등압선을따라운동할때생기는원심력, 이3가지힘의평형상태에서일어난다. 이때발생하는바람을 경도풍이라 한다. 경도풍의 등압선 곡률중심(r)이 저기압측을향하는경우에는r을 (+)로고기압측을향하는경우에는r을 (-)로하면<그림 1>과같다.



<그림1> 경도풍의설명도

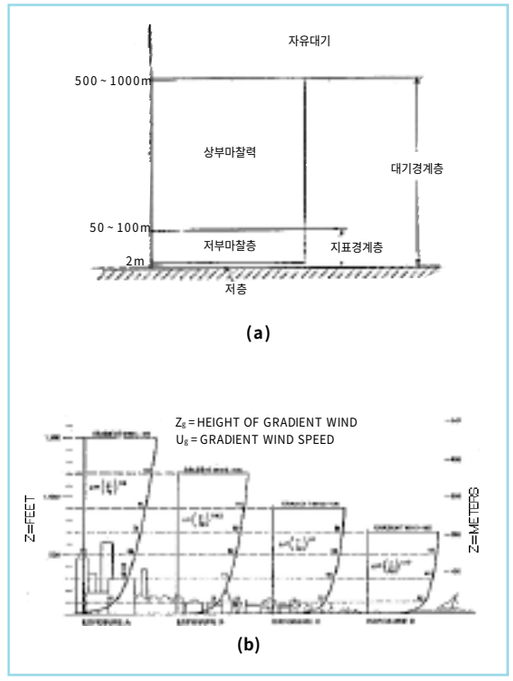
2.2 대기경계층과지표면조도

지표면의 거침도가 바람의 수평적 흐름을 감소시킨다면 바람은 지표면에서 상승할수록 속도가 증가하며 어느 한계높이 이상에서는일정한 속도로불어감소영향은무시될것이다. 이때의높이(δ)를경계층높이(경도풍고도)라하고, 경도풍고도에서부는바람을경도풍(Gradient Wind)이라한다. 또한지표면으로부터경도풍고도이하까지지표면의거칠기에따라풍속이변하는 부분을 대기경계층이라 한다. 즉 경도풍은 주로 항공분야에서취급하는바람이고건축분야에서는대기경계층내의변동하는바람을다룬다. 대기경계층내의풍속의 연직분포 변화는 지표면의 조도(거칠기)에 따라 크게달라진다. 지면조도에따른풍속의연직분포곡선은 대수분포와 지수분포를 사용하여 표현하는데 주로 풍속의 관측결과를토대로경험식에바탕을 둔지수법칙을사용하고있다.

아래<그림 2>의 (b)는지표면조도에따른연직분포의예다. 노출도가낮은지역일수록경도풍이형성되는 높이가낮아지는것을알수있다. 실제건물에영향을 미치는 풍압은 풍속의 제곱에 비례하므로 고층건물인 경우그지역의 지면조도에따른설계풍속을검토하여 풍압및풍하중을산정하여외장재및구조체에미치는 영향을 고려해야 한다. 임의 높이(Z)에서 풍속(V_Z)을 구하면다음식과같다.

$$V_Z = V_G \left[\frac{Z}{Z_G} \right]^{\alpha}$$

여기서, V_G : 경도풍속도 Z_G : 경도풍고도 Z : 임의높이
α 지면조도나다른상황에따라바뀌는지수법칙의지수



<그림2> 기층의분류및지형조도에따른풍속의수직분포도

2.3 바람의동적특성

불규칙한 바람의 동적특성은 크게 난류성분(turbulence)과돌풍요소(gust)로 구분된다. 정상적인 상태에서 바람의 속도성분은 평균류와 난류로 구분되며 이러한 바람의 x, y, z 방향성분을 u, v, w라 하면 풍속은다음의식에의해얻어질수있다.

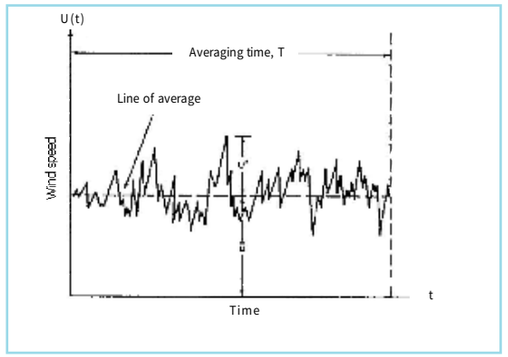
$$u = \bar{u} + u'$$
$$v = \bar{v} + v'$$
$$w = \bar{w} + w'$$

여기서, $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ 는평균풍속, u', v', w' 는난류성분

그러나실질적으로바람의방향성분중영향을미치는 것은 $\bar{u}=V$, $v=0$, w원0수평성분이나, 엄격히 말하면 3방향으로 풍속이 작용하며 마찬가지로 난류성분도3가지방향으로작용한다. 이와 같이 변동하는 풍속의 크기는 난류성분의 표준편차치를 평균풍속으로나눈난류강도(Relative intensity of turbulence 또는turbulence level)로나타내며다음식과같다.

$$I_r = \frac{u_1(Z)}{V_H(Z)} = 0.1\left(\frac{\delta}{Z}\right)^{\alpha}$$

여기서 u_1 : 평균풍속의표준편차치, V_H : 평균시간풍속, δ 경계층두께



<그림3> 풍속과시간의관계

바람의 변동성분의 대표적 물리량인 난류강도는 건축구조물의구조설계 및풍동실험에의한점검시풍동기류 작성에 중요하게 요구되는 특성이다. 오래 전부터공학적근사식을적용하는경우바람의돌풍요소를 최대순간풍속으로생각하는것이일반적이었다. 즉풍속의 순간적인 최대치와 평균풍속의 비로 돌풍요소를 고려하였다.

$$G = \frac{V_P}{V_H}$$

여기서, V_H : 평균풍속 V_P : 최대순간풍속,
G : 가스트계수(Gust Factor) 또는돌풍율

그러나풍공학의발전과함께순간최대풍속이불때 반드시건물에최대변형과최대의압력이작용하는것이아니며건축물의변위 · 변동의파형은풍속의변동과일치하지않는다는주장으로최근에는실제건물의 파괴와 관련하여 건물의 최대변위($X_{f(max)}$)와 평균풍속에 의한 건물 변위(X_f)의 비인 가스트영향계수(G_f)를 적용하여바람의동적특성을고려하고있다. 가스트영향계수는 순간최대변위가 평균변위의 몇 배의 양인가를결정하는계수이다.

$$G_f = \frac{X_{f(max)}}{X_f}$$

여기서, $X_{f(max)}$: 건물의최대변위 X_f : 평균풍속에의한건물변위,
G_f : 가스트영향계수

2.4 재현주기와기본풍속

건축물의 사용기간에 따라 과거 풍속기록을 고려하여그기간동안에작용할수있는강풍을예측할수있다. 즉, 연최대 풍속 V_T 이상의 강풍이 평균 T년에 한 번 온다고 기대할 때, T년을 V_T의 재현주기(Return Period)라 하며 V_T 를 T년의재현기대치라한다. 풍하중을산정하는데기본이되는기본풍속은개방된평지(노풍도 C)의 지상 10m 높이에서 연최대풍속 관측치에대한재현기대치를기준으로정한다. 연최대풍속의 관측자료에 의거하여 임의의 재현기간에 대한 풍속을 산정하는 방법은 검벨(Gumbel)의 이중지수 분포가 가장 잘 맞는 것으로 알려져 있다. 검벨의 지수분포는 다음식으로주어진다.

$$F(v) = \exp[-e^{-y}] \qquad a = \frac{1}{\quad}$$

$$y = a(V-b) \qquad b = V' - 0.45\sigma$$

여기서, $F(V)$: 누적분포함수(비초과확률), y : 기준화변수
a, b : 분포의형상을결정짓는특성치
V': 모집단의평균치, σ 표준편차

구체적으로는 N개의 연최대풍속의 관측치 V_1, V_2, V_3 ····· V_n 가주어졌을때, 다음식의표본평균치V' 및표본표준편차( )를구하면다음과같다.

$$V' = \frac{1}{N}\sum V_i \qquad \sigma = \sqrt{\quad}$$

재현기간 T년에 임의 최대풍속이 한번 온다고 가정할때이최대풍속의비초과확률(누적분포함수)은

$$F(v) = 1-\frac{1}{(\quad)} = \exp[-e^{-y}]$$

인 관계가 성립하므로 위식과 연계하여 이중적분하면 기본풍속(V_t)은다음과같다.

$$V_{(t)} = -\frac{1}{\quad} \ln[\ln\left(\frac{T}{\quad}\right)] + b$$

$$V_{(t)} = -0.78\sigma \ln[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)] + V' - 0.45\sigma$$

다음은 Gumbel의 적률법에 의한 재현 기대값의 계산예를보인것이다. 서울지역연최대풍속의표본예로써, 표본의 크기는 42(통계년수 42년)이다. 표본의 평균치V'와표준편차 는$V' = 15.69$ m/s, $\sigma = 3.04$ m/s 이므로위식에서분포형을결정하는특성치는

$$a = \frac{1}{0.78\times 0.34} = 0.42\,(m/s)$$

$$b = 15.69 - 0.45\times 3.04 = 14.32\,(m/s)$$

가된다. 따라서, 재현기대값은100으로볼때기본풍속은다음과같이계산된다.

$$V(t) = -\frac{1}{a} \ln[\ln\left(\frac{T}{T-1}\right)] + b$$

$$V(t) = \frac{1}{0.4} \frac{100}{99} \ln[\ln\left(\quad\right)]$$

∴기본풍속: 25.19(m/s)

2.5 속도압

속도압(q)은 건축물에 작용하는 풍압력을 산정하는 경우 기본이 되는 양으로써 바람이 지닌 단위체적당 운동에너지를 말한다. 이것은 풍속을 V, 공기밀도를 ρ라 할 때, $q = \frac{1}{2}\cdot\rho\cdot V^2$으로 표시된다. 공기밀도(ρ)는 기온, 기압, 습도에따라변하는 양이나일반적으로습도의영향을무시할수있어다음식과같이주어진다.

$$\rho = \frac{0.132}{1+0.00367t}\cdot\frac{h}{760}\ (kgf\cdot S^2/m^4)$$

여기서, t : 기온(℃), h : 기압을온도0℃인수은주의높이로나타낸값(mm)

국내규준에서는 지역에 관계없이 공기밀도를 0.125(기온 15℃, 기압 760mmHg)로규정하고있다. 이는 국내에서 가장 심각한 피해를 가져오는 태풍과 강풍을 유발시키는 원인 중 가장 높은 빈도를 차지하는 저기압 전선풍에 대한 기온과 기압을 고려한 것이다. 따라서 국내에서 적용하는 설계속도압은 다음과 같다.

$$q = \frac{1}{2}\rho\cdot V^2 = \frac{1}{16}V^2 \quad \cdot\ :\text{설계속도압}$$

3. 개정된 풍하중산정 기준

3.1 일반사항

개정된 기준 중 크게 달라진 부분은 풍하중을 골조용과외장재용으로분류하여설계하도록한점과기본풍속및노풍도구분을각도별로세분화한점, 지역적 특성을 고려한 할증계수의 적용 등이다. 또한 바람의 동적특성을 고려하기 위해서 구조물의 최대변위와 관련된가스트영향계수를사용하였다. 본절에서는주로 개정된 기준풍속과 설계 속도압을 중심으로 풍하중산정 방안을 설명한다. 지면의 제한상 건물의 형태나 용도에따라다양하게적용되는외압계수와풍력계수및

기타 적용계수의 표는 생략한다. 이 부분은 대한건축학회에서 발간한" 건축물 하중기준및 해설 "을참조하기바란다.

3.2 풍하중산정식

(1) 구조골조용풍하중산정

구조골조용 풍하중(W_f) 산정은 크게 밀폐형 건축구조물, 개방형구조물 및 기타구조물에 대한 설계용 풍하중을산정하는것으로다음식에따른다.

$$W_f = P_f \cdot A$$

여기서 P_f : 구조골조용설계풍력(kgf/㎡), A : 유효수압면적(㎡)

1) 밀폐형건축물의설계풍력:

$$P_f = q_z \cdot G_f \cdot C_{pe1} - q_h \cdot G_f \cdot C_{pe2}$$

2) 개방형 건축물 및 기타 구조물의 구조골조용 설계풍력:

$$P_f = q_z \cdot G_f \cdot C_f$$

여기서 q_h : 지붕면의평균높이h 에대한설계속도압,
q_z : 지표면에서임의높이Z에대한설계속도압,
G_f : 구조골조용가스트영향계수,
C_{pe1} : 풍상벽의외압계수,
C_{pe2} : 풍하벽의외압계수, C_f : 풍력계수

(2) 외장재용풍하중산정

외장재설계용풍하중(W_c)은다음식에따른다.

$$W_c = P_c \cdot A$$

여기서 P_c : 외장재설계용설계풍력(kgf/㎡), A : 유효수압면적(㎡)

1) 지붕면의 평균높이 20m 이상 건축물의 정압인 외벽:

$$P_c = q_z (GC_{pe} - GC_{pi})$$

2) 지붕면의 평균높이 20m 이상 건축물의 부압인 외벽및지붕면:

$$P_c = q_h (GC_{pe} - GC_{pi})$$

3) 지붕면의 평균높이 20m 미만인 건축물 외벽 및 지붕면:

(다만여기서q_h는노풍도구분C에서의설계속도압을적용)

$$P_c = q_h (GC_{pe} - GC_{pi})$$

여기서, q_h : 지붕면의평균높이h에대한설계속도압 (kgf/㎡),
q_z : 지표면에서임의높이Z에대한설계속도압 (kgf/㎡),
GC_{pe} : 외장재설계용가스트외압계수,
GC_{pi} : 외장재설계용가스트내압계수

3.3 설계속도압

풍하중산정에있어가장기본이되는기본풍속(V_z)의 제곱에 비례하는 바람의 물리적 양으로 전국의 공기밀도를0.12로규정하여다음의식으로나타낸다.

$$q_z = \frac{1}{2} \rho \cdot V_z^2 = \frac{1}{16} \cdot V_z^2$$: 설계속도압

(1) 설계기본풍속 (V_z)

설계기본풍속은 지역별로 관측된 평균풍속 자료인 기본풍속(V_0)을 바탕으로 풍속의 고도분포계수와 지형에 의한 풍속할증계수, 중요도계수 등을 고려하여 다음과같이산정한다.

$$V_z = V_o \cdot K_{zr} \cdot K_{zt} \cdot I_w$$

여기서 V_o : 기본풍속(m/s), K_{zr} : 풍속의고도분포계수,
K_{zt} : 지형에의한풍속할증계수, I_w : 건축물의중요도계수

<표1> 기본풍속(지역별)

지 역		기본풍속	지 역		기본풍속
서울	서울, 인천, 김포, 부천, 부평, 구리, 오산, 송탄, 평택, 시흥, 과천, 안양, 수원, 안산, 군포, 의왕, 안성, 강화	30	경상도	포항, 울릉도, 구룡포, 오천, 흥해, 감포	45
				부산, 기장, 장안, 연일, 외동, 가덕도	40
경기	양평, 성남, 하남, 용인, 의정부, 동두천, 포천, 파주, 광주, 기흥, 미금, 여주, 이천, 신갈, 장호원	25		울산, 통영, 거제, 고성, 진해, 김해, 마산, 창원, 양산, 진영, 울진, 평해, 안강, 경주, 남해, 삼천포	35
강원도	속초, 강릉, 양양, 주문진	40		거천, 가야, 삼량진, 영덕, 사천	30
	거진, 간성, 동해, 삼척, 원덕	35		대구, 영주, 구미, 김천, 영천, 안동, 봉화, 풍기, 예천, 청송, 영양, 하양, 경산, 청도, 남지, 의령, 추풍령, 상주, 선산, 군위,, 의성, 문경, 점촌, 함창, 진주, 거창, 함양, 산청, 고령, 창녕, 합천, 밀양	25
	춘천, 화천, 양구, 철원, 김화, 인제, 영월, 정선, 태백, 원주, 평창, 홍천	25			
충청도	장항	40	전라도	군산, 미성	40
	태안, 서산, 청주, 대천, 서천, 안면도, 조치원, 천안, 홍성, 광천, 아산	35		목포, 여수, 완도, 진도, 옥구, 노화, 익산, 금일, 해남, 관산, 대덜, 도양, 고흥	35
	대전, 당진, 합덕, 성환, 진천, 증평, 온양	30		광주, 나주, 화순, 영암, 질노, 강진, 장흥, 보성, 띨교, 순천,광양, 무안, 함평, 영광	30
	음성, 청양, 금산, 영동, 공주, 논산, 제천, 충주, 부여, 보은, 단양, 괴산, 옥천	25		전주, 함열, 진안, 무주, 삼례, 담양, 부안, 남원, 순창, 구례, 고창, 정주, 장수, 승주, 임실, 태인	25
제주	전지역	40			

(2) 기본풍속 (V_0)

국내에서 적용하는 기본풍속은 노풍도 구분 C인 곳의 지상 10m 높이에서 10분간 평균풍속의 100년 재현기대값이다. 건설지점의지역별로<표 1>에따라기본풍속을 결정한다. 다만, 건설지점부근의 유효한 관측자료가있는경우는이에따라설정할수있다. 개정전 기본풍속은 4개 항목(내륙, 해안1 · 2, 섬)으로 구분되어 정확한 설계가 어려웠으나 개정된 기본풍속은 지역별로세분화되어있어적용이용이하며, 지역명이 없는 경우는<그림 4>에 나타난풍속대를찾아서 적절히적용할수있도록하였다.

<그림 4>기본풍속도

주) 등풍속선사이에위치한 지점의값은직선보간한다.

(3) 풍속의고도분포계수(K_{zr})

<표2> 노풍도구분에따른풍속의고도분포계수(Kzr)

지표면으로부터의 높이Z (m)	노 풍 도 구 분			
	A	B	C	D
Z≤Zb	0.58	0.81	1.0	1.13
Zb<Z≤Zg	0.22 Zα	0.45 Zα	0.71 Zα	0.97 Zα

주) Zb : 대기경계층의시작높이(m), Zg : 기준경도풍높이(m),
α : 풍속의고도분포지수

<표3> 대기경계층시작높이, 기준경도풍높이및풍속의고도분포지수

노풍도 구분	A	B	C	D
Zb	20	15	10	5
Zg	500	400	300	250
α	0.33	0.22	0.15	0.10

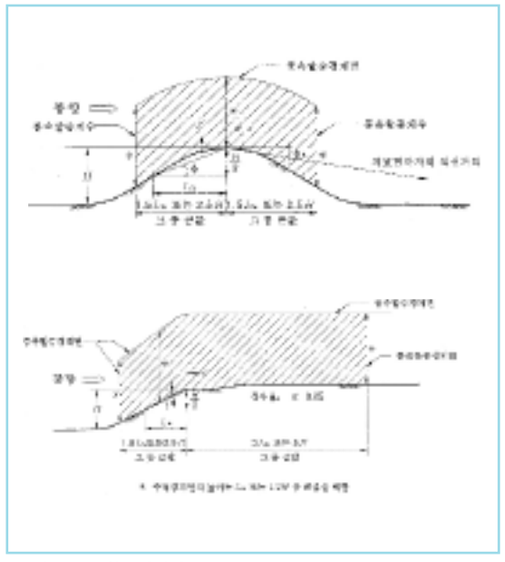
<표4> 노풍도구분

노풍도 구분	주 변 지 역 의 지 표 면 상 태
A	대도시중심부에서 10층이상의대규모고층건축물이 밀집해있는지역
B	높이3.5m 정도의주택과같은건축물이밀집해있는 지역, 중층건물이산재해있는지역
C	높이1.5 l0m 정도의장애물이산재해있는지역, 저층건축물이산재해있는지역
D	장애물이거의없고, 주변장애물의평균높이가1.5m 이하인지역, 해안초원, 비행장

풍속의 고도분포계수는 건설지점의 노풍도 구분과 그에 따른 대기경계층의 시작높이 및 기준경도풍높이에따라정해지는값으로<표 2> ~ 표 4>와같다.

(4) 지형에의한풍속할증계수(K_{zt})

풍속할증계수란 산, 언덕 및 경사지와 같이 지형적인 특성을 풍하중 산정시 고려하기 위해 적용하는 계수로 산, 언덕 및 경사지의 영향이 전혀 없는 지역을 1.0으로 본다. 산, 언덕 및 경사지 정상부근의 풍속할증이필요한부분의풍속할증계수산정및적용범위의 결정은다음의<표5>, <표6>을따른다.



<그림5> 풍속할증경계면

<표5> 풍속할증계수

풍상측 중 가장 불리한 경사(ϕ)	풍속할증계수	
	경사지($\phi_u \le 0.005$)	언덕,산($\phi_u \ge 0.1$)
0.05	1.05	1.11
0.1	1.09	1.21
0.2	1.18	1.41
≥0.3	1.27	1.61

주) ϕ 풍상측에서가장분리한조건의경사($\phi = H/2L_u$)
ϕ_u : 언덕, 산, 경사지의정점으로부터풍하측5H 되는거리까지의평균경사

<표6> 풍속할증계수의적용범위(m)

지형구분	적용높이 및 거리	적용범위	
		풍상측	풍하측
언덕, 산	풍속할증수직높이 (지표면에서)	L_u 1.7H 중큰값	
	풍속할증수평거리 (정점에서)	$1.5L_u$ 2.5H 중큰값	
경사지	풍속할증수직높이 (지표면에서)	L_u 1.7H 중큰값	
	풍속할증수평거리 (정점에서)	$1.5L_u$ 2.5H 중큰값	$3L_u$ 5H 중큰값

주) 언덕, 산의경우풍하측의경사가 $0.05 < \phi_u < 0.1$일때는경사지와 언덕또는산의사이값을직선보간하여사용할수있다.
H : 언덕, 산, 경사지의높이
L_u : 언덕, 산, 경사지의정점중앙으로부터 H/2인지점에서풍상경상지지점까지의수평거리(m)

(5) 중요도계수(I_w)

중요도계수는 건축물의 용도, 사회성, 경제성 및 중요도를 고려하기 위해 설계용 재현기간에 따라 아래 <표 7>과같이분류한다.

<표7> 중요도계수

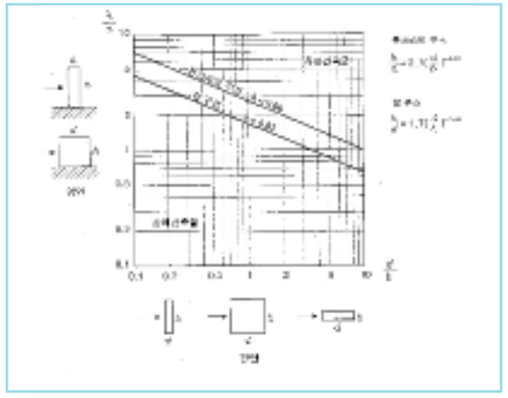
중요도	건축물의 용도 및 규모	중요도계수
(특)	연면적이1천제곱미터이상인위험물저장및 처리시설, 종합병원, 병원, 방송국, 전신전화국, 발전소, 소방서, 공공업무시설및15층이상아파트	1.10
(1)	연면적이5천제곱미터이상인관람집회시설, 운동시설, 운수시설, 전시시설및5층이상인 숙박시설, 오피스텔, 기숙사및아파트	1.00
(2)	중요도(특), (1), (3)에해당하지않는건축물	0.95
(3)	가설건축물, 농가건축물, 소규모창고	0.81

(6) 구조골조용가스트영향계수

바람의동적특성을고려하기위한가스트영향계수는 강체구조물및바람에의한공진효과를무시할수있는 구조인경우는다음의<표 8>에따른다. 한편유연구조물이나높이 100m를초과하는구조물또는바람에의 한공진효과를무시할수없는건물의경우는변동변위의 고유진동수성분을고려하여계산식으로구해야한다. 본 계산식은 대한건축학회에서 발간한" 건축물 하중기준및해설 "을참조하기바란다. 강체구조물과유연구조물의 구분은 <그림 6>에 따라 판정하며, 굴뚝과 같이수직으로세장한구조물인경우에는높이/폭의값이7 이하인경우에는강체구조물로한다.

<표8> 구조골조용가스트영향계수(Gf)

노풍도 구분	가스트영향계수
A	2.5
B	2.2
C	1.9
D	1.8

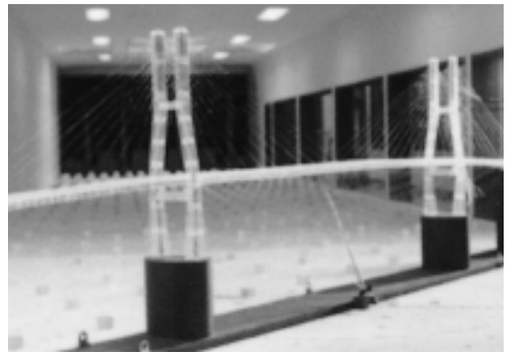


<그림6> 강체건축물과유연건축물의구분

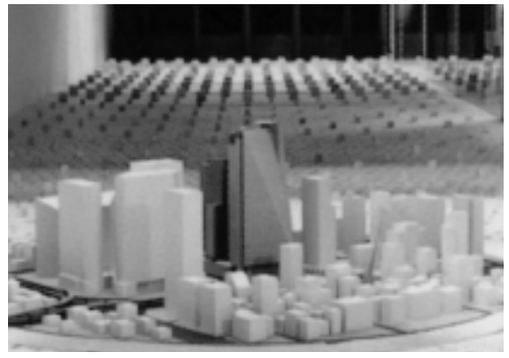
4. 맺음말

이상과같이바람의일반적인특성과개정된풍하중 산정기준을중심으로내풍설계방안을설명하였다. 바람은매우난류적이며순간적인돌풍요소를가지고있어 정확한 하중을 산출하는 것은 사실상 불가능하다. 따라서오랜관측자료를바탕으로강풍의크기와재현될 확률을 예측하고 지역적 특성을 고려한 계수의 적용을통해가장근사한값을구하는것이중요하다. 이런측면에서새롭게개정된풍하중산정기준은안전과 경제성을동시에고려할수있는설계가가능해졌다는 점에서매우긍정적으로받아들여진다.

국내의 경우 아직 바람에 의해 구조체가 파괴되는 대형참사가 보도되지는 않았지만, 관련된 조사자료에 따르면 외장재 및 구조체의 크고 작은 피해가 해마다 지속적으로 발생하고 있는 것으로 나타났다. 국토의 대부분이산악지대이며, 태풍의영향권에머무르고있는 우리의 실정을생각할 때 바람이 건물에 미치는영향에대한기술자의충분한이해가절실히요구된다.



<그림7> 현수교의풍동실험



<그림8> 상업용건물군의풍동실험

참고문헌
〔1〕 건설교통부. 건축물하중기준및해설. 대한건축학회, 2000.
〔2〕 김규석. 초고층건축구조. 대한건축학회지, 35권1호통권
〔3〕 김종락, 윤재옥. 구조물의내풍설계및풍동실험. 한국전산구조공학회교재9-3, 1994.
〔4〕 E. J. Gumbel: Statistics of Extremes : Columbia Univ Press, 1958