風荷重 및 積雪荷重基準의 改正內容과 解說〔I〕

姜 一 東 — 國立建設研究所 建築基準課 建築技佐

〔1〕風荷重 및 積雪荷重基準改正의 目的

建築物을 포함한 一切의 구조물의 構造設計過程에 있어서 荷重條件은 가장 기본이 되는 사항이며, 그 중 특히 自然條件, 즉 기후·기상조건에 따라 결정되는 바람 및 눈에 대한 하중은 오늘날 과학의 발달과 気象観測資料의 蓄積에 힘입어 어느 정도 정밀한 규명이 가능하게 되었다. 과거에는 이러한 과학적인 연구와 気象資料의 빈약으로 関係基準의 내용이 미흡하게 설정되었던 반면, 건축물이 高層·大型化되고 있는 현재의 추세에 따라 구조설계의 과정에서 不合理性이 露呈되고 있으므로 종전의 建築法施行令의 荷重基準 가운데 일차적으로 바람 및 눈에 대한 荷重基準을 최근까지 축적된 기상자료의 분석과 통계적 연구방법을 통해 새로이 정립함으로써 구조설계의 합리화를 기하고 따라서 건축물의 구조안전과 경제를 동시에 추구할 수 있는 기반을 마련하는 것이 이번의 基準改正의 목적이 되겠다.

〔2〕基準改正의 경위와 背景

前述한 바와 같이 건축물의 구조설계시 가장 기본이 되는 하중기준의 불합리성을 근본적으로 개선하기 위하여 국립건설연구소의 연구계획에 의해 斯界权威者諸位의 지혜를 모아 1980년도에 풍하중 및 積雪荷重基準(案)을 연구·작성(大韓建築学会에 用役依頼)하였으며, 금번 建築法施行令(大統領令)에서 구조기준에 관한 사항을 "建築構造基準에 関한 規則"(建設部令)으로 委任하게 됨에 따라 위 기준안을 재검토·보완하여 建築構造基準에 関한 규칙 중 風荷重 및 積雪荷重基準의 새로운 내용으로 반영하게 되었다.

물론, 이 새로운 내용이 완전하다고 하기는 어려우며 미흡한 사항에 대해서는 앞으로 계속될 固定荷重·積載荷重 등 기타 荷重基準의 연구개선과 함께 学界 및 実務業界와 당 연구소가 힘을 합하여 연구발전시켜야 할 과제라고 생각한다.

참고적으로 건축법시행령의 旧 風荷重 및 積雪荷重基準의 내용을 살펴보면, 積雪荷重基準은 사실상 원칙적인 사항만을 제시하고 垂直最深積雪量 등 핵심적인 사항이 규정되지 않아 설계자가 필요시 直接気象資料 등을 조사하여 개략적인 설계를 할 수 밖에 없었으며, 風荷重基準은, 주로 지진력이 横荷重의 주요소가 됨에 따라, 風荷重은 2次的 設計要素로서 또는 가벼운 鉄骨트러스構造·鉄塔構造에 대한 설계요소로서 적용되고 있는 일본의 建築基準法施行令의 速度圧式 $q=60\sqrt{h}$ 를 충분한 검토없이 거의 그대로 규정한 것에 지나지 않았다.

그런데 일본의 $q=60\sqrt{h}$ 는 1934년(소화 9년) 일본의 실호태풍 때의 瞬間最大風速 63m/sec를 기준으로 하여 설정된 式이며, 또한 위 式은 제정당시 지상 30m 정도 이하의 中低層建築物을 대상으로 하였기 때문에 30m를 초과하는 고층건물에 적용하기에는 부적합한 式이다.

따라서 일본에서는 1946년 建築基準法改正 이후 "高層建物에 関한 技術指針"을 제시하여 45m 이상의 건축물에 대한 設計速度圧式으로 $q=120\sqrt[4]{h}$ 를 규정한 바 있다.

한편, 우리의 建築法施行令의 旧風荷重基準에 대해 風速의 垂直分布式으로서 Douglas Archbad의 공식 및 瞬間最大風速과 平均最大風速과의 一般關係式을 이용하여 速度圧式 $q=50\sqrt{h}$ 를 설정한 기준이 되는 平均最大風速을 지상 15m높이($h_o=15$), 平均気温 및 気圧은 일본과 같이 t=23℃, H=720㎜를 기준으로 하여 逆算하면,

$$q=\frac{1}{2}\rho V^2, \quad \rho=0.115$$

$$V=Vo\left(\frac{h}{ho}\right)^{\frac{1}{4}}, \quad ho=15\text{에서}$$

$$\frac{0.115\,Vo^2\sqrt[4]{h}}{2\times\sqrt{15}}=50\sqrt{h}$$

$$Vo^2=\frac{100\sqrt{15}}{0.115}$$

$$Vo=58\,(m/sec)$$

$Vo=1.1V+n$에서 n은 일반적으로 7로 계산하므로

$$V=46.4\,(m/sec)$$

V : 平均最大風速(m/sec)

Vo : 瞬間最大風速(m/sec)

ρ : 空気의 密度($kg\cdot sec^2/m^4$)

즉, $q=50\sqrt{h}$ 는 平均最大風速 46.4 m/sec(瞬間最大風速 58m/sec)를 기준으로 하여 계산된 식이며, 이것은 우리나라 最高風速記録인 1951년 울릉도 지방의 平均最大風速 45m/sec하고 있어 상당히 과다하게 규정되어 있음을 쉽게 알 수 있다.

또한 우리나라는 일본처럼 지진이 심하지 않으므로 일본과는 달리 일반적으로 풍하중이 횡하중의 주요소가 되며, 따라서 이러한 요망에 부응하여 모든 건축물에 적용할 수 있는 기준으로 개정하기에 이르렀다.

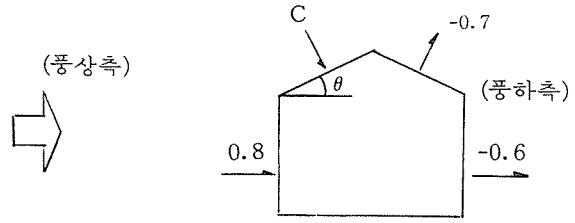
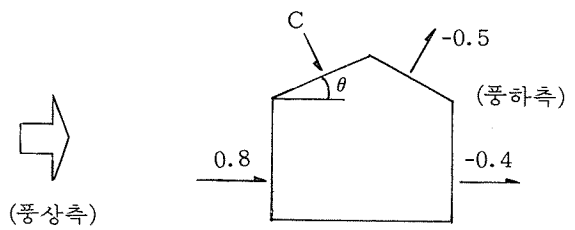
〔3〕風荷重

가. 구건축법시행령 내용과 새로 시행되는 건축구조 기준에 관한 규칙 내용의 비교요약

건축구조 기준에 관한 규칙 내용	구건축법시행령 내용
가. 풍하중의 산정 $P = C.Q.A$ P : 설계풍하중 (kg. ton) C : 풍력계수 Q : 설계속도압 (kg / m²) A : 건축물의 수압면적 (m²) 나. 설계속도압 (Q) 의 산정 $Q = G.Kz.Qo$ G : 가스트계수 (환경계수) Kg : 속도압계수 (높이에 따른 계수) Qo : 기본속도압 (kg / m²) 1) 기본속도압 Qo (kg / m²) $Qo = 1/16\ Vo^2$ Vo : 설계기본풍속 (m / sec) *설계기본 풍속은 재현기간 100년에 대한 최대 풍속 기대치를 기준으로 하여 남한지역을 4개 등급으로 구분함.	가. 풍압력의 산정 $P = C.Q.A$ P : 풍압력 (kg. ton) C : 풍력계수 Q : 설계속도압 (kg / m²) A : 건축물의 수압면적 (m²) 나. 설계속도압 (Q) 의 산정 $Q = 50\sqrt{h}$ H : 속도압산정 높이(m) *해안·하안·산위·절벽 등에서는 300kg / m² 이상으로 한다. 높이에 따른 속도압의 변화가 고려되지 않음. *위식에서는 풍속이 계산 요소에 포함되지 않기 때문에 지역별 풍속에 따라 설계 속도압을 합리적으로 계산할 수 없으며 지역적인 환경의 영향이 충분히 고려되지 않음.

건축구조 기준에 관한 규칙 내용				구건축법시행령 내용
(지역별 설계기본 풍속)				*지역별 설계기본풍속은 계산 요소에 포함되어 있지 않으므로 규정이 없음.
지 역			Vo m/sec	노 풍 도	
Ⅰ	내륙	서울·수원·서산·대전·춘천·청주·추풍령·이리·전주·광주 대구·진주	35 m/sec	B (다만, 대도시의 고층시가지 중심부에서는A)	
Ⅱ	해안 (1)	인천·군산·부산·울산·충무	40 m/sec	C	
Ⅲ	해안 (2)	속초·강릉·포항·목포·여수·제주·서귀포	45 m/sec	C	
Ⅳ	섬	울릉도	50 m/sec	C	
*위표에 없는 지역의 설계 기본 풍속은 지역 조건을 고려 위표중의 가까운 지역의 값을 참작하여 정할 수 있음. 2) 속도압 계수 : Kz 높이에 따른 풍속 계수로서 다음 식으로 계산됨. $Kz = 2.56\,(Z/Zg)^{\frac{2}{\alpha}}$ Z : 속도압 산정 높이 Zg : 기준경도풍 높이 $\frac{1}{\alpha}$: 풍속의 수직 분포 지수				*속도압 계산식에 포함되어 있으며 별도의 속도압 계수는 없음.	

건축구조 기준에 관한 규칙 내용		구건축법시행령 내용
3) 가스트 계수 환경계수로서 노풍도에 따라 계산됨.		*해안·하안·산위·절벽 등에서는 속도압을 300kg / m² 이상으로 한다는 규정 외에 별도의 환경 계수는 없음.
노 풍 도	가 스 트 계 수 (G)	
A	2.00	
B	1.75	
C	1.50	

*해안에 직접 면하는 장소나 산정·산의 능선·절벽 등 지형과 환경의 영향으로 특히 강풍의 작용이 심하다고 인정되는 장소에 대해서는 설계속도압을 20% 이상 증가시켜야 한다. 4) 이상의 제계수를 산입하여 설계속도압 Q를 지역등급 및 높이에 따라 도표로 표시함. (표 3) 다. 풍력계수 : C 풍력계수는 건물의 형상에 따라 도표의 값을 사용하거나, 풍동시험에 의하여 별도로 정할 수 있음. *박공형 건물에 대한 풍력계수(예)  C : 지붕의 경사각 θ에 따라 도표에 의하여 구함. 라. 전도 및 활동(Sliding) 풍하중에 의한 전도 모멘트는 구조물의 고정하중만으로 산정되는 안정모멘트 값의 ⅔를 초과해서는 아니된다. 만일 이를 초과할 때에는 초과분의 전도 모멘트에 저항할 수 있도록 정착시켜야 한다.	다. 풍력계수 : C 풍력계수는 구조물의 단면 형상에 따라 도표의 값을 사용함. *박공형 건물에 대한 풍력계수(예)  C : C=1.3sinθ-0.5에 의해 계산 되는 값 라. 전도 및 활동(Sliding) *규정이 없음.

나. 風荷重基準內容

건축물 및 구조체 각 부분에 대한 설계 풍하중은 다음 각항에 의하여 산정하며 풍하중은 그 작용면에 연직방향으로 작용하는 것으로 가정한다.

다만, 특별한 조사연구에 의하여 풍하중을 산정할 때에는 이 기준을 적용하지 아니할 수 있다.

(1) 設計基本風速

① 건축물의 풍하중 산정을 위한 설계 기본풍속은 개방된 평지의 지상 10M 높이에서의 연간 최대풍속 관측치에 의해 계산된 재현기간 100년의 최대풍속 기대치를 기준으로 하여 정한다.

② 각 지역의 설계 기본풍속은 표 1에 따르고, 이 표에 없는 지역은 지역조건을 고려, 이 표 중의 가까운 지역의 값을 참조하여 정할 수 있다. 다만 당해 건축물의 건설 지역에 대한 풍속 관측자료를 조사·연구하여 설계 기본풍속을 정할 때에는 표 1을 적용하지 아니할 수 있다.

③ 露風度에 따르는 구분 A, B, C와 설계기본풍속의 高度分布指數 및 基準傾度風高度는 표 2에 따른다.

(2) 設計風荷重

① 설계풍하중 P는 다음의 산식에 의해 산정한다.

$$P = C \cdot Q \cdot A$$

다만, C : 풍력계수
Q : 설계속도압
A : 건축물(또는 부분)의 수압면적

② 설계풍하중 P를 수압면적 A로 나눈 값인 有效風圧은 50kg/m² 이하로 설계하여서는 아니되며, 특히 구조부분에 대해서는 80kg/m² 이하로 설계하여서는 아니된다.

(3) 設計速度圧

① 설계속도압 Q는 표 3의 값을 사용한다.

② 표 3의 값을 사용하지 아니할 때의 설계속도압 Q는 다음의 산식에 의하여 산정한다.

$$Q = G \cdot K_z \cdot Q_o$$

다만, G : 가스트계수(표 4)
K_z : 속도압계수
Q_o : 기본속도압 (kg/m²)

기본속도압 Q_o 및 속도압계수 K_z

표 1 지역별 설계기본풍속

등 급	지 역 구 분	설계기본풍속	노 풍 도
Ⅰ 내륙	서울·수원·서산·대전·춘천 청주·추풍령·이리·전주·광주·진주·대구	35m/sec	B (다만, 대도시의 고층시가지중심부에서는 A)
Ⅱ 해안 (1)	인천·군산·충무·부산·울산	40m/sec	C
Ⅲ 해안 (2)	속초·강릉·포항·목포·여수 제주·서귀포	45m/sec	C
Ⅳ 섬	울릉도	50m/sec	C

표 2

노풍도	풍속의 수직분포지수 ($\frac{1}{\alpha}$)	기준경도풍높이 (Zg)	지면조도(地面粗度)
A	$\frac{1}{3}$	450 m	대도시 중심부의 고층시가지
B	$\frac{1}{4.5}$	360 m	대도시의 주변지역, 시가지 및 산림지역
C	$\frac{1}{7}$	270 m	개방된 평지, 초원, 해면(海面)

는 각각 다음의 산식에 의하여 산정한다.

$Q_o = \frac{1}{16} V_o^2$

$K_s = 2.56 (\frac{Z}{Z_g})^{\frac{2}{\alpha}}$

다만, V_o : 설계기본풍속 (m/sec) (표 1)

Z_g : 기준경도풍높이 (m) (표 2)

Z : 속도압산정높이 (m)

$\frac{1}{\alpha}$: 풍속의 수직분포지수 (표 2)

(표 3 설계속도압 (Q · kg/m²))

③ 가스트계수 G의 값은 표 4의 값을 사용한다.

다만, 보다 정밀한 방법에 의하여 가스트계수 G의 값을 산정할 때에는 표 4의 값을 사용하지 아니할 수있다.

표 4 가스트계수

노 풍 도	가스트 계수(G)
A	2.00
B	1.75
C	1.50

④ 해안에 직접 면하는 장소나 산정, 산의 능선 · 절벽 등 지형과 환경의 영향으로 특히 강풍의 작용이 심하다고 인정되는 장소에 대해서는 설계속도압을 20% 이상 증가시켜야 한다.

표 3 설계속도압 (Q, kg / m²)

Z (m)	설계 기본풍속 (m / sec) 및 노풍도					
	35 (A)	35 (B)	35 (C)	40 (C)	45 (C)	50 (C)
0	30	60	100	140	190	240
10	40	70	110	150	200	250
20	50	80	120	160	210	260
30	60	90	130	170	220	270
40	70	100	140	180	230	280
50	80	110	150	190	240	290
60	90	120	160	200	250	300
70	100	130	170	210	260	310
80	110	140	180	220	270	320
90	120	150	190	230	280	330
100	130	160	200	240	290	340
110—150	140	170	210	250	300	350
150—200	150	180	220	270	320	390

(4) 風力係数

① 건축물의 풍력계수 (C)는 다음 각항의 값을 사용한다. 그러나 적절한 풍동실험에 의하여 풍력계수를 정할 수도 있다.

건축물의 受圧面에 대한 풍력계수는 그 외측면의 風圧係数에 그 건축물의 室内圧係数 또는 그 受圧面의 반대측면의 풍압계수를 가산하여 구한다.

② 외벽이 있는 밀폐형 건축물의 풍력계수

(가) 건축물과 공작물의 외벽면 및 지붕에 대한 풍력계수는 그 단면형상에 따라 각각 그림 1에 표시한 값에 따른다. 다만 경사지붕의 풍상지붕면에 대한 풍력계수는 표 5, 그리고 곡면지붕의 풍력계수는 그림 2와 표 6의 값에 따른다.

특히 그림으로 표시되지 않은 단면형상에 대한 풍력계수는 유사한 단면형상에 준하는 값을 사용할 수 있다.

그림 1

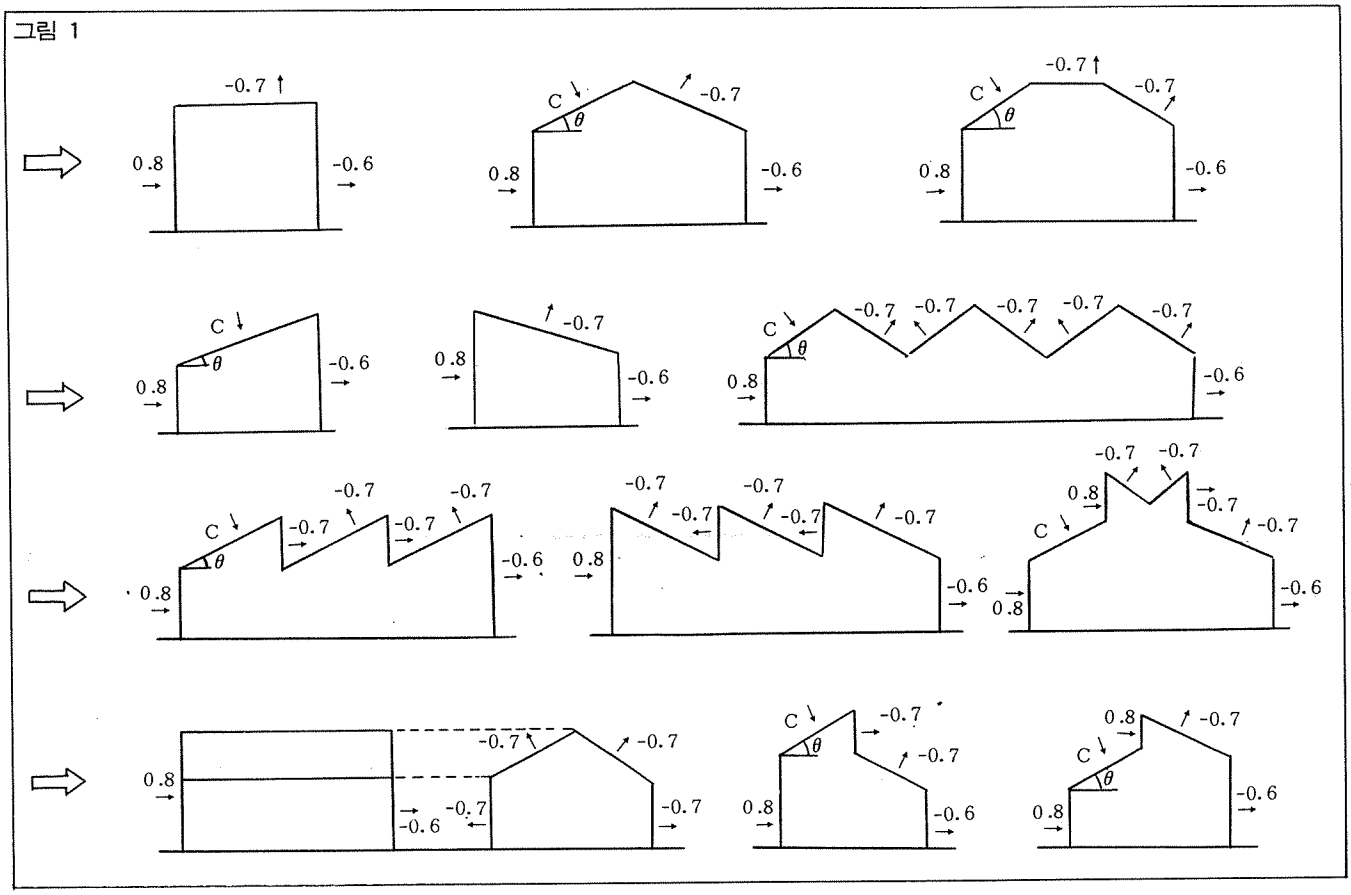


표 5 경사지붕 풍상지붕면의 풍력계수(C)

h/w \ θ	10~15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	≥60°
≤0.3	-1.0	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.01 θ
0.5	-1.0	-0.75	-0.5	-0.2	0.05	0.3	0.45	0.5	0.01 θ
1.0	-1.0	-1.0	-0.8	-0.55	-0.3	-0.05	0.2	0.45	0.01 θ
≥1.5	-1.0	-1.0	-1.0	-0.9	-0.6	-0.35	-0.1	0.2	0.01 θ

다만 θ : 지붕면의 경사각도

h/w : 풍상벽면의 처마높이와 최소폭의 비

표 6 곡면지붕의 풍상면 풍력계수(C)

h	r = f/L	C
h>0	0 < r < 0.2	-0.9
	0.2 ≤ r < 0.3	(1.5r-0.3)
	0.3 ≤ r ≤ 0.6	(2.7r -0.68)
h=0	0 < r ≤ 0.6	1.42r

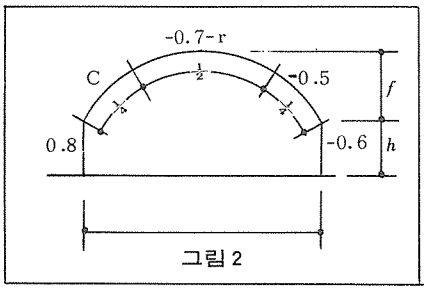


그림 2

(나) 실내압계수

건축물의 실내압계수는 ±0.3으로 한다. 그리고 실내압은 벽면과 지붕 등의 전실내면에 균등히 분포하는 것으로 본다.

③ 개방형 건축물의 풍력계수

외벽이 없거나 또는 외벽의 일부가 개방된 건축물의 풍력계수는 다음 각 항에 따른다.

(가) 풍상 또는 풍하벽면이 개방되었을 때의 풍력계수는 그림 3에 따른다. 다만 C의 값은 표 5에 따른다.

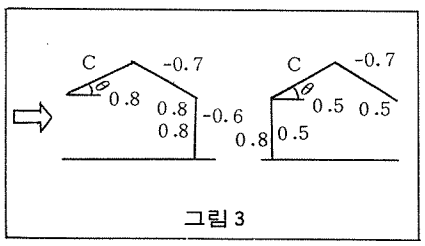


그림 3

(나) 독립지붕의 풍력계수는 그림 4 및 그림 5에 표시한 값에 따른다. 지붕면의 경사각도가 중간값일 때에는 직선보간에 의하여 풍력계수의 값을 구할 수 있다.

경사각도가 0°일 때에 풍력계수는 ±1.0으로 한다.

다만 편면지붕에서는 풍압력의 중심이 풍상측의 단부로부터 스팬의 1/4이 되는 점에 작용하는 것으로 가정한다.

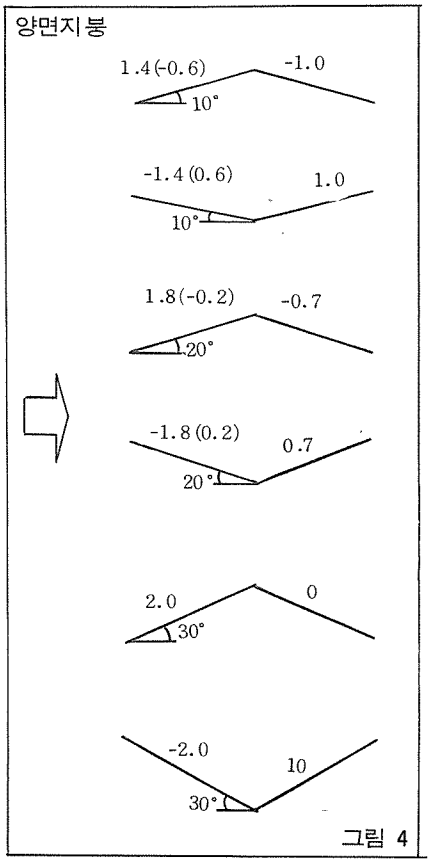


그림 4

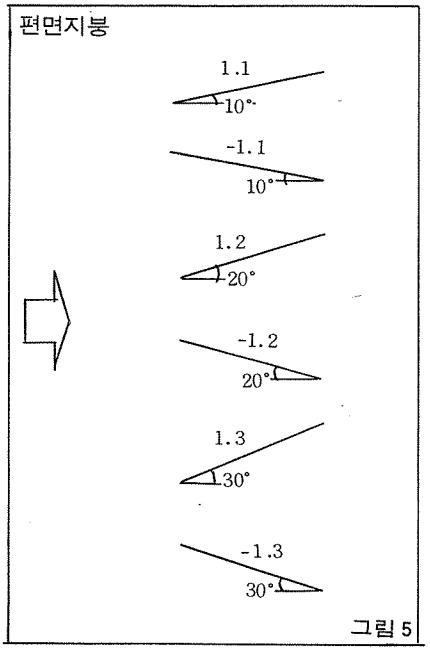


그림 5

④ 래티스 구조물의 풍력계수

정사각형 및 정삼각형 단면의 래티스 구조물에 대한 풍력계수는 다음 각 항에 따른다.

(가) 각형 부재일 때의 풍력계수는 표 7에 따른다.

다만 ℓ는 부재의 실수압면적을 구면·외곽면적으로 나눈 값으로 충심율이라 한다.

(나) 원형부재일 때의 풍력계수는 표 7의 정사각형 단면값에 표 8의 보정계수를 곱한 값으로 한다.

다만, $d\sqrt{q} < 1.5$(d : 원형부재의 직경, q : 설계속도압)

(다) 정사각형 단면의 대각선방향의 風向에 대한 풍력계수는 표 7의 값에 (1.0+0.75ℓ)를 곱한 값으로 한다.

⑤ 굴뚝·탱크 및 이와 유사한 공작물의 풍력계수 정사각형·정다각형 및 원형단면을 가진 각종 공작물에 대한 풍력계수는 표 9의 값에 따른다.

다만, d : 직경 또는 단면의 최소치수

d′ : 표면의 요철부분의 직경 또는 최소치수

λ : H/d

H : 공작물의 높이

q : 설계속도압(표 3)

⑥ 局部風荷重

건축물의 부분적 강도에 대하여는 국부풍력계수에 의해 산정한 풍하중에 대해서 검토하여야 한다.

국부풍력계수의 값은 표 10에 따른다.

(5) 바람의 動的效果

진동이 발생하기 쉬운 구조물에 대해서는 풍속변동에 의한 구조물의 동적응답에 대한 안전성을 적절히 고려하여야 한다.

(6) 転倒 및 滑動

① 풍하중에 의한 전도모멘트는 건축물이나 구조물의 고정하중만으로 산정되는 안정모멘트의 값의 2/3를 초과해서는 아니된다. 만일 이를 초과할 때에는 전도모멘트의 초과분에 저항할 수 있도록 정착시켜야 한다.

전도 및 안정모멘트를 산정할 때의 회전축의 위치는 풍하측 벽면의 수직선과 기초판 바닥면의 평균 深度 수평선이 교차하는 점으로 가정한다.

그리고 기초판 상부의 흙은 안정모

표 7 각형 부재일 때의 풍력계수

ℓ	정사각형 단면	정삼각형 단면
0.025～이하	4.0	3.6
0.025～0.45	4.13—5.18ℓ	3.71—4.47ℓ
0.45 ～0.70	1.8	1.7
0.70 ～1.0	1.33+0.67ℓ	1.0+ℓ

표 8 원형부재에 대한 보정계수

ℓ	보 정 계 수
0.3 이하	2/3
0.3～0.8	0.66ℓ+0.47
0.8～1.0	1.0

표 9 정사각형·정다각형 및 원형구조물의 풍력계수

단 면 형 상	표 면 조 도	λ		
		1	7	25
정 4 각형(직각방향의 풍향)		1.3	1.4	2.0
정 4 각형(대각선방향의 풍향)		1.0	1.1	1.5
정 6 각형 또는 8 각형 ($d\sqrt{q}$ >1.5)		1.0	1.2	1.4
원 형 ($d\sqrt{q}$ >1.5)	평활한표면	0.5	0.6	0.7
	d′/d≒0.02	0.7	0.8	0.9
	d′/d≒0.08	0.8	1.0	1.2

표 10 국부풍력계수

건축물의 부분	국부 풍력계수
벽면 또는 지붕모서리의 국부 풍력계수	—2.0
외벽면의 국부 풍력계수	±1.0
지붕면의 국부 풍력계수	—1.0
지붕처마·채양의 국부 풍력계수	—2.0

멘트를 산정할 때에 고정하중으로 고려할 수 있다.

② 마찰에 의한 저항력이 활동을 방지하는데 불충분할 때에는 이에 저항할 수 있도록 적절하게 정착시켜야 한다.

③ 전도모멘트에 저항하기 위하여 설치한 정착은 활동저항에 대해서도 유용하게 적용하는 것으로 볼 수 있다.

다. 풍하중기준 해설

(1) 설계기본풍속

풍속관측은 개방된 평지의 10m 높이가 국제적으로 일반화되어 있으며 보통 일최대치, 월최대치 및 연최대치의 형식으로 정리보존된다. 또한 관측평균시간은 기준마다 상이하여 우리나라와 일본은 10분, 미국이 5분, 영국이 3초(및 1시간) 그리고 캐나다가 1시간 등으로 차이가 심하지만, 최근에는 10분간 평균이 일반화 되어가고 있다.

외국의 풍하중 기준에서는 다년간 집적된 관측자료를 조사분석하여 작성하는 等風速分布地図(Wind Map)를 기준에 채용함으로써 각 지역에 대한 설계기본풍속을 보다 합리적으로 규정하는 방법을 사용하고 있다.

풍속관측자료에서 추출되는 통계적 특성 중에서 설계기본풍속을 결정하는 데에 대상이 되는 것은 확률변수(Random variable) 로서의 母集団의 통계분포와 연최대풍속의 極値分布라고 할 수 있다.

연최대풍속에 대한 累積分布関数로서 많이 사용되는 분포모델이 Ⅰ형 및 Ⅱ형 분포식으로서 각각 (1), (2)식과 같다. Ⅰ 및 Ⅱ형분포 모델에 대한 비교연구결과에 의하면, 표본크기 n=37인 300개의 표본자료를 조사분석한 결과 70%가 Ⅰ형분포식과 잘 합치되었으며, Ⅱ형분포식일 때에는 $\gamma \geqq 13$일 때에 약 70%, $7 \leqq \gamma \leqq 13$일 때 약 11%, 그리고 $2 \leqq \gamma \leqq 7$ 일 때 약 19% 정도가 합치된다고 한다.

현재 Ⅰ형분포식은 영국·캐나다·호주·일본 등의 기준에서 널리 채용되고 있으며, Ⅱ형분포식은 미국의 ANSI기준에서 채용하고 있다.

$$F(V) = exp[-exp(-y)] \quad (1)$$

$$F(V) = exp[-exp(-y)^{-r}] \quad (2)$$

$$Y = (v-\mu)/\sigma \quad (3)$$

이 기준에서는 Ⅰ형분포식을 채용하여 재현기간 100년에 대한 연최대풍속의 期待値를 Gumbel의 積率法(Method of Moment)으로 추산한 다음, 설계기본풍속을 정하였다.

그 과정을 요약하면 다음과 같다.

연최대풍속의 非超過確率을 (4)식으로 표시할 때 재현기간 T는 (5)식으로 표시할 수 있다.

$$F(V_N) = Pr[V < V_N] \quad (4)$$

$$T = \frac{1}{1-F(V_N)} \quad (5)$$

그리고 재현기간(T년간) 동안 $V < V_N$되는 비초과 확률은 (6)식과 같다.

$$\theta = [F(V_N)]^T = (1-\frac{1}{T})^T \fallingdotseq \frac{1}{e} = 0.364 \quad (6)$$

따라서 초과확률($V \geqq V_N$)은 63.6%로서 상당히 큰 값이 된다.

그러나 이 초과확률이 곧 구조물의 위험확률을 표시하는 것은 아니다. 구조물의 안전도 평가는 準確率論的 방법인 信頼性理論에 의하여 각종 안전율이나 하중계수 등을 종합분석함으로써 가능한 것이다.

주어진 유한개의 표본값을 사용하여 재현기대치를 추산하는 방법으로서는 二重指数確率紙 위에 기입한 n개의 표본값으로부터 回帰直線을 구한 다음에 外挿法으로 소정의 재현기간에 대한 기대치를 정하는 방법인데, 그 추산과정에서 Gumbel의 적률법이 많이 사용된다.

Gumbel의 적률법은 (1)식의 기준화변수 y의 평균치와 표준편차로서 모집단의 표본값을 각각 다음과 같이 가정하였다.

$$\mu_y = 0.5772, \quad O_y = \frac{\pi}{\sqrt{6}}$$

그리고 풍속 V의 평균치 $\overline{V}$와 표준편차 Sv를 각각 (7), (8)식으로 표시하였다.

$$\overline{V} = \mu + 0.5772\sigma \quad (7)$$

$$S_V=\frac{\pi}{\sqrt{6}}\cdot\sigma \quad (8)$$

또한 주어진 n개의 표본값 Vi(i=1, 2……n)로부터 V와 Sv는 (9)·(10)식으로 산정할 수가 있다.

$$\overline{V}=\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n}Vi \quad (9)$$

$$Sv=\left[\frac{1}{n-1}\sum_{i=0}^{n}(Vi-\overline{V})^2\right]^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

(1)식과 (5)식으로부터

$$Y=-\ell n\left[-\ell n\left(1-\frac{1}{T}\right)\right] \quad (11)$$

연최대풍속의 재현기대치 V와 표준편차 SD(V)는 각각 (12) 및 (13)식으로 표시된다.

$$V=\overline{V}+Sv(Y-0.5772)\frac{\sqrt{6}}{\pi} \quad (12)$$

$$SD(V)=\left[\frac{\pi^2}{6}+1.1396(Y-0.5772)\right.$$

$$\left.\frac{\pi}{\sqrt{6}}+1.1(Y-0.5772)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\times\frac{\sqrt{6}}{\pi}\frac{Sv}{\sqrt{n}} \quad (13)$$

남한 각 지방의 연간최대풍속 관측자료(1945년 이후)를 사용하여 재현기간 100년에 대한 풍속기대치를 구한 다음 지역특성을 고려하여 분류하면 대략 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

① V_{10}=25m/sec 정도의 대도시

서울·대구·대전

② V_{10}=25m/sec 정도의 내륙지역

춘천·수원·서산·청주·추풍령·광주·전주·이리·전주

③ V_{10}=30~40m/sec 정도의 해안지역

인천·부산·군산·울산·충무

④ V_{10}=35~45m/sec 정도의 해안지역

속초·강릉·포항·목포·여수·제주·서귀포

⑤ V_{10}=50m/sec 정도의 도서지역

울릉도

위의 분류에서 (1)·(2)항은 露風度 B에 그리고 (3)·(4)·(5)항은 노풍도 C에 해당하는 것으로 볼 수가 있다.

관측지역의 노풍도를 고려하지 않고 지상 10m 높이를 기준으로 하여 관측한 풍속자료는 그 지역환경과 지면조도에 의한 국지적 영향이 과다하게 작용한 것이기 때문에 실질적으로 이 자료가 타당성있게 적용될 수 있는 한계는 아주 협소한 범위 내에 한정된다고 평가해야 할 것이다.

그러기 때문에 현재 구미각국의 풍하중 기준은 국지적 영향이 비교적 적은 비행장이나 개방된 평지, 즉 노풍도 C지역의 10m 높이에서 관측한 풍속자료를 기준으로 하고 있다.

또한 Wind Map의 작성은 지상 10m의 관측자료만으로 복잡 다양한 지형의 변화까지 포괄할 수 있는 등풍속분포곡선을 추정하기가 어렵기 때문에 일단 노풍도 C지역을 기준으로 한 관측자료로부터 추산한 최대풍속의 재현기대치를 基準傾度風高度에 대한 풍속으로 바꾸어 그 분포상태를 분석검토함으로써 비교적 원활한 등풍속분포도의 작성이 가능하게 된다.

그리하여 어떤 기상조건하에서 경도풍의 높이는 개방된 평지에서는 낮고 시가지나 산림지역으로 이동함에 따라 높아지게 되는데 결국 각 지역의 기준 경도풍고도에서의 풍속은 등풍속분포권내에서는 동일하게 될것이다.

ANSI기준에서는 위의 방법을 사용하여 등풍속지역에 대한 노풍도에 따르는 설계풍속을 환산하는 방법을 채용하고 있다. 경도풍 높이 Zg를 기준으로 한 풍속의 수직분포식은 (14)식과 같다.

$$Vz=Vg\left(\frac{Z}{Zg}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (14)$$

노풍도 A, B, C에 따르는 Zg와 지수 α값은 각 연구자마다 약간의 차이가 있긴 하지만 이 기준에서는 ANSI가 채용하고 있는 표 2의 값을 그대로 채용하였다.

노풍도 C, 설계기본풍속 V_{10C}를 사용하여 풍속의 수직분포식을 표시하면 (15)식과 같다.

$$Vz=1.6\,V_{10c}\left(\frac{Z}{Zg}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \quad (15)$$

설계기본풍속을 $Vo=V_{10c}$로 일률화할 때 (즉 V_{10C}를 기준으로 작성한 등풍속분포도를 사용할 때) 노풍도에 따르는 풍속수직분포식은 각각 (16)·(17)·(18)식과 같다.

$$A:\ Vz=1.6Vo\left(\frac{Z}{450}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (16)$$

$$B:\ Vz=1.6Vo\left(\frac{Z}{360}\right)^{\frac{1}{4.5}} \quad (17)$$

$$C:\ Vz=1.6Vo\left(\frac{Z}{270}\right)^{\frac{1}{7}} \quad (18)$$

예를 들어 표 1 중의 내륙(I)지역의 설계기본풍속(Vo=35m/sec)은 노풍도 B지역의 관측자료를 기준으로 한 값인 V_{10B}=25m/sec를 근거로 하여, 노풍도 C의 기본풍속으로 환산하여 정한 것이다.

$$V_{10B}=1.6Vo\left(\frac{10}{360}\right)^{\frac{1}{4.5}}=25.0$$

Vo≒35.0m/sec

원칙적으로 기본풍속을 환산할 수는 없다고 하겠으나 다만 우리가 사용한 기상관측자료의 현황을 고려하여 하나의 실용상 편법으로 적용한 것이다.

참고로 노풍도 A가 되는 대도시의 중심부를 ANSI기준에서는 風上側 약 반마일(Mile) 지역이 6층 이상 건물이 50% 이상 밀집한 시가지로 구성되어 있는 상태로 정의하고 있다. 따라서 시가지를 주대상으로 할 때 노풍도 A지역은 B지역 내의 특정한 일부분으로 볼 수가 있다.

(2) 설계속도압

설계속도압 Q는 설계풍속 Vz와 가스트계수 G로부터 (19)식에 의하여 산정한다.

$$Q=G\frac{Vz^2}{16} \quad (19)$$

그리고 (19)식에 (15)식을 대입하여 정리하면

$$Q=GKzQo \quad (20)$$

다만 속도압계수 Kz 및 기본속도압 Qo는 각각 다음 식으로 표시된다.

$$Kz=2.56\left(\frac{Z}{Zg}\right)^{\frac{z}{\alpha}}$$

$$Qo=\frac{Vo^2}{16}$$

ANSI기준의 가스트응답계수 G(Z)는 높이 (Z)에 따라 각각 다음 식으로 표시된다.

① 밀폐형 건축물

$$G(Z)=0.65+1.95(\sigma\sqrt{P} \quad (21)$$

$$\sigma\sqrt{P}=1.7\,T\left(\frac{2}{3}H\right)\quad\left(\frac{0.785PF}{B}\right.$$

$$\left.+\frac{S}{1+0.002C}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (22)$$

② 건축물의 부분 또는 수압면적이 18m² 이하일 때의 가스트 응답계수

$$G(Z)=0.65+4.0T(Z) \quad (23)$$

참고로, (23)식은 (22)식의 우변 중에서 (√)의 값을 약 1.2로 고정시켰을 때의 값이다.

③ 래티스 구조물의 가스트 응답계수는 (1)항의 $\sigma\sqrt{P}$대신 (24)식을 사용

한다.

$$\sigma\sqrt{P}=1.7T\left(\frac{2}{3}H\right)\left(\frac{PF}{B}+\frac{S}{1+0.001C}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (24)$$

다만, 위의 여러식 중에서 T(Z)는 노풍계수(露風係数, Exposure Factor)로서 (25)식으로 표시된다.

$$T(Z)=\frac{2.35\sqrt{K}}{\left(\frac{Z}{9}\right)^{\frac{1}{\alpha}}} \quad (25)$$

표 1

노 풍 도	α	K
A	3	0.025
B	4.5	0.010
C	7	0.005

그리고 ρ : Gust power Factor

F : Gust Correlation Factor

S : Structure Size Factor

C : 수압면의 수평폭 (ft 단위)

β : 구조물의 감쇠계수

강구조 $\beta=0.01$

R.C구조 $\beta=0.02$

표 3의 설계 속도압은 다음 식으로 산출한 것이다.

$$Q=G(Z)KzQo=[0.65+4.0T(Z)]2.56\left(\frac{Z}{Zg}\right)^{\frac{2}{\alpha}}\left(\frac{Vo^2}{16}\right)$$

다만 실용상의 편의를 위하여 지상 110m까지는 사선으로, 그리고 그 상부는 수직 단형으로 수정하여 정한 것이 표 3이다.

표 3의 값을 사용하지 않고 설계속도압을 직접 산정하려면 다음 식을 사용하면 된다.

$$Q=GKzQo$$

다만, 이 때의 가스트계수 G의 값은 표 4와 같다. 또한 가스트계수는 앞에서 설명한 G(Z)의 값을 구조물의 특성치를 사용하여 직접 산정하여 사용할 수도 있다.

(21) 및 (22)식에 의한 가스트 응답계수를 D. J. Lane이 분석연구한 결과에 의하면 대체로 G(Z)의 값은 노풍도 A에서 1.7이하. B에서는 1.3 이하 그리고 C에서는 1.2이하로 나타나고 있다.

또한 (23)식에 의하여 산정한 가스트 응답계수의 높이 10m 정도에 대한 값은 대략 A에서 2.0, B에서 1.5 그리고 C에서 1.3정도의 분포를 보여준다.

참고로 ECCS (유럽강구조협의회)의 유럽풍하중기준안은 가스트의 강도로서 변동풍속의 自乘平均根 R.M.S를 사용하고 있으며 기준고도 Zs=20m일 때의 가스트계수는 대략 다음과 같다. 즉 해안에서 1.24, 개방된 평지에서 1.32 그리고 시가지에서 1.53 정도가 된다.

현행 미국의 UBC에서는 가스트계수로서 1.69를 사용하고 있으며 또한 캐나다의 NBC에서는 2.0(보다 정밀한 방법으로 선정할 때에는 별도)을 사용하고 있다.

따라서 이 기준에서 채용한 G의 값인 2.0, 1.75 및 1.5는 실용설계치로서는 上限에 속한다고 할 수가 있다.

(1, 2)식으로 산정한 설계속도압과 표 3에 의한 값을 비교하면 다음과같다.

설계기본풍속 : Vc=35m/sec

노풍도 : B 및 C

(가) 기본속도압

$$Qo=\frac{Vo^2}{16}=76.56\,kg/m^2$$

(나) 노풍도 B일 때의 설계속도압

$$Q=1.75\times76.56\times2.56\left(\frac{Z}{360}\right)^{\frac{Z}{4.5}}=25.07Z^{\frac{1}{2.25}}$$

(다) 노풍도 C일 때의 설계속도압

$$Q=1.5\times76.56\times2.56\left(\frac{Z}{270}\right)^{\frac{2}{7}}=59.38Z^{\frac{1}{3.5}}$$

표 2

Z(m)	Vo=35m/sec (B)		Vo=35m/sec (C)	
	$25.07Z^{\frac{1}{2.25}}$	35 (B)	$59.38Z^{\frac{1}{3.5}}$	35 (C)
10	69.7	70	114.6	110
20	94.9	80	139.7	120
30	113.6	90	156.9	130
40	129.2	100	170.3	140
50	142.6	110	181.5	150
100	194.1	160	221.3	200
200	264.1	180	269.8	220

위의 결과에서 보는바와 같이 계산식(1, 2)에 의한 값이 표 3의 값보다 커진 것은 가스트계수를 표 4로 고정시킨 때문이다.

실질적으로 가스트 응답계수는 지상 고도가 높아질수록 감소하게 되므로 보다 정밀한 계산에 의한 가스트 응답계수, 즉 (21)~(25)식을 사용하여 산정한 G(Z)의 값을 적용하여 설계속도압을 산출하면 표 3에 가까운 값이 될 것이다.

설계속도압을 역사다리형으로 설정해두면 응력해석에 매우 편리하다.

특히 건축물의 수평 변위 산정이 별로 문제가 되지 않는 저층 건축물의 경우에는 다음과 같이 등분포 설계속도압으로 환산할 수가 있다.

예 : 설계기본풍속: Vo=35m/sec

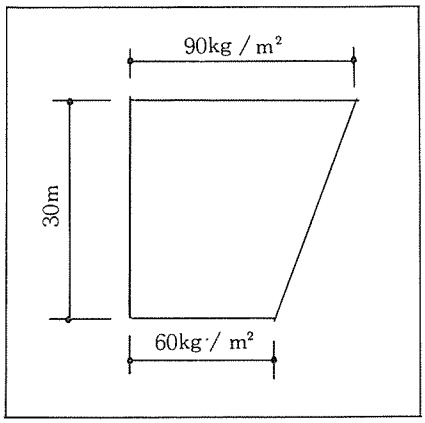
노풍도 : B

건물의 높이: Z = 30m

표 3에서 설계속도압은 다음 그림과 같다.

이 역사다리형 분포는 다음과 같이 간단히 등분포로 환산된다.

$$Q=t+\frac{2}{3}(90-60)=80\,kg/m^2$$



(3) 풍력계수

풍력계수는 건축물의 형상뿐아니라 그 표면조도에 따라서 달라지게 되므로 모든 형태의 건축물과 공작물 등에 적용할 수 있는 설계값을 전부 망라하기는 어렵다. 따라서 특수한 형태의 건축물에 대해서는 가능하다면 적절한 풍동시험에 의하여 설계풍력계수를 구하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

그러나 풍동시험에서는 자연풍과 같이 복잡한 바람의 성질을 재현시킬 수가 없으며 또한 相似性 법칙에 의한 건물의 축소모형을 사용 하는 등 여러가지 가정이 전제되기 때문에 그 시험결과치가 반드시 건축물의 실질적인 풍력계수와 일치할 수는 없으며 다만, 근사적인 값을 유도해 내는 유일한 방편으로 실시되고 있다고 할 수가 있다.

원래 풍력계수는 구조물의 형상에 따르는 유체역학적인 특성치이기 때문에 각종 풍하중기준이 규정하고 있는 풍력계수를 비교 조사해 볼 때 그 내용과 형식이 비교적 간결 명료한 것과 또는 지나치게 세밀 복잡한 것 등으로 구분이 될 수 있을 뿐이지, 실질적인 풍력계수의 수치상의 차이는 아주 근소한 실정이라고 할 수 있다.

이 기준의 풍력계수는 ANSI(A58.1—1972)를 기준으로 하였으며, 일본건축학회의 하중기준(안)과 영국의 BS C.P. 3.등을 적절히 참고로 하여 정한 것이다.

다만 표현방식에 있어서 건축물의 형상에 따르는 풍력계수의 분포를 보다 분명하게 파악할 수 있도록 하기 위하여 구기준과 같은 図示方法을 채택하였다.

세부적인 사항을 요약하면 다음과 같다.

① 밀폐형 건축물의 풍압계수 중에서 風下壁面에 대해서는 ANSI기준이 H/W≥2.5일 때에 -0.6, 기타 경우는 -0.5로 규정 하고 있고 일본건축학회(안)은 -0.6으로 되어 있다. 이 기준에서는 -0.6으로 단일화하였다.

② 실내압계수는 창문의 위치와 수압면에 대한 면적 비율 등에 따라 다소 변화가 있지만 ±0.3으로 단일화하였다.

③ 독립지붕의 풍력계수에 대해서는 ANSI기준이 편면지붕만을 규정하고 있기 때문에 이 기준에서는 양면지붕과 편면지붕을 동시에 규정하도록 하였다.

특히 독립지붕의 풍력계수는 C.P. 3을 많이 참고로 하여 정한 것이다.

④ 래티스 구조물과 굴뚝·탱크 등의 공작물에 대한 풍력계수는 ANSI기준에 따른 것이다.

⑤ 태풍과 같은 강풍에 의한 風害중에서 특히 현저한 것이 국부 풍압에 의하여 파손되는 예가 많다는 것이다.

건축물 전체에 대한 풍하중 평가로서는 평균적인 풍력계수만으로 충분하지만 바람의 흐름이 불연속적으로 급변하는 건축물의 국소부분에 대해서는 보다 큰 풍압이 작용하게 되어 때로 큰 피해가 발생할 수도 있다.

이 기준의 국부풍압계수는 ANSI C.P. 3 및 일본기준(안) 등을 참고로 하여, 안전측으로 간소화시켜 정한 것이다.

특히 벽면이나 지붕의 모서리에 대한 국부풍압의 작용폭은 0.1W되는 帶狀部分으로 가정하여 검토하면 된다. 다만 W는 벽면의 폭 또는 지붕면의 마루와 직각방향의 최소폭을 표시한다.

♣建築宣言文 / 空間都市建築

나는 生命이라는 건축, 공간도시, 기능적인 건축을 요구한다. 즉 생의 기능의 탄력성에 적합한 건축을 [1]구형의 공간전체를 도시에로의 變移 [2]대지에서의 정적인 축으로부터의 해방 [3]無壁, 無基礎 [4]자유로운 공간에 있어서의 張力(텐션)에 의한 건축시스팀 [5]새로운 생활의 가능성 창조 및 그에 따른 사회개조.

/ 후레데릭·키슬러 /