

8 板ガラスの耐風圧設計

建築基準法は平成10年6月の改正により、性能規定化の方向が決定されました。

そして、施行令や告示が制定され、平成12年6月1日から施行されました。この法規の構造規定の中に、風圧に対する板ガラスの設計法が詳細に定められています。

特に風圧力に関しては、新しい概念が導入され、従来の基準とは多くの点が異なります。

そして、板ガラスの耐風圧強度計算式も合理的に改正されています。

板硝子協会では、新しい施行令や告示のもと、日本

建築学会の建築物荷重指針および板ガラスの特性等を考慮して (1) 告示が除外している低層部への適用 (2) 基準風速の全体的なレベルアップ等を盛り込んだ推奨基準をまとめました。

8-1 板ガラスの耐風圧設計に関する法規と板硝子協会の考え方

1 関連法規の体系

板ガラスの耐風圧設計に関しては、次の施行令と告示が関係しており、その体系は右のようになっています。

2 告示第1458号に関する板硝子協会の考え方

告示第1458号によって、高さ13mを超える建築物については、明確に法規制されました。

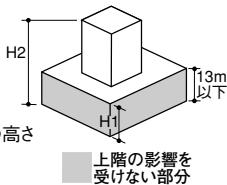
板硝子協会では、日本建築学会の建築物荷重指針および、板ガラスが脆性材料である点や風圧による破損の際の影響度の大きさを考慮して、高さ13m以下の建築物へも適用することと、基準風速の全体的なレベルアップをするように推奨基準をまとめました。板硝子協会推奨基準の適用の最終的判断は、設計者の指示によります。

1 告示第1458号が帳壁に対して適用除外している部分 告示の適用除外範囲

- ① 建物高さが13m以下の建物
- ② 高さ13m以下の部分で、高さ13mを超える部分の構造耐力上の影響を受けない部分
- ③ 1階部分又はこれに類する階の部分

※板硝子協会の考え方

- ①②③の低層部も含めて適用することが望ましいと考えます。
- ②については、該当部分は、高さH1を建築物の高さHとし、上階部分は、高さH2を建築物の高さHとして計算します。



2 建物種類と基準風速

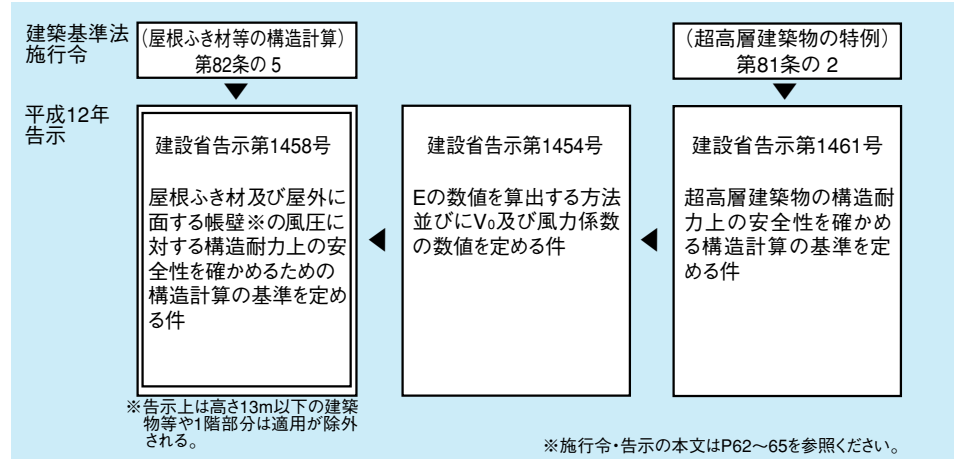
告示の基準風速
告示では一律に再現期間50年の基準風速を用いています。

※板硝子協会の考え方

実際には建物の用途・規模を考慮した再現期間を考慮した基準風速を採用することが望ましいと考えます。

- A 戸建住宅……………再現期間 50年
- B 一般的な建築物……………再現期間100年
- C 高さ60mを超える建築物……………再現期間200年

●施行令の一部を改正する政令 平成12年政令第211号 (平成12年4月26日公布 平成12年6月1日施行)



●告示第1458号と板硝子協会の考え方

	告示第1458号	板硝子協会の考え方
戸建住宅等	▼適用除外範囲 	▼再現期間50年 風速比 1.00 風圧比 1.00
高さ13m以下の建築物	▼適用除外範囲 	▼再現期間100年 風速比 1.07 風圧比 1.15
高さ13m～60mの建築物	▼再現期間50年 	▼再現期間100年 風速比 1.07 風圧比 1.15
高さ60mを超える超高層建築物	▼再現期間50年 但し、告示第1461号構造評定による 	▼再現期間200年 但し、告示第1461号構造評定による 風速比 1.15 風圧比 1.32

※風速比、風圧比は、再現期間50年の風速および風圧を1とした場合の数値です。

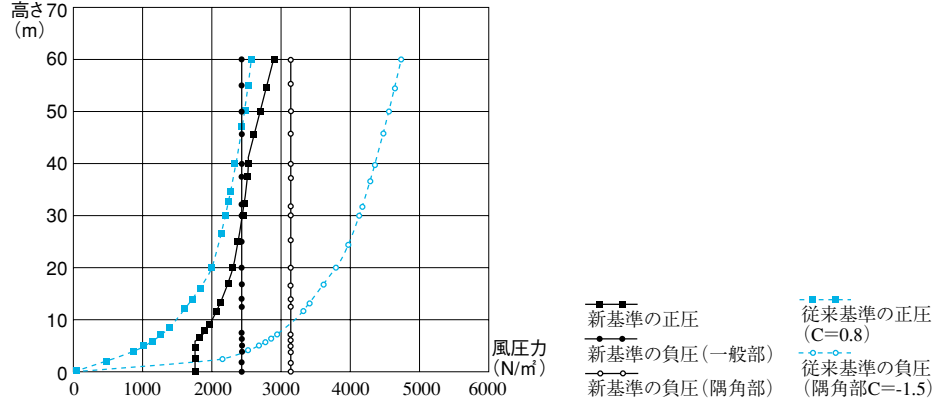
8-2 従来基準との相違点

1 設計風圧力

従来の基準と比べ以下の点が異なっています。

- ① 地域特性や周辺状況の影響が考慮された。
- ② 日本建築学会の建築物荷重指針の考え方を取り入れて、建物の種類により再現期間を検討できるようになった。
- ③ 壁面における風圧力の分布を、現実を反映した風洞実験での性状に近くなるようにした。その結果、右のグラフのような分布となり、従来基準とは性状が大きく異なる。また、同じ高さ位置でも建物高さが異なると風圧力が異なる。
- ④ 従来基準と比べると、低い建物では全般に風圧力がアップする。高い建物では低層部は風圧力がアップし、高層部の隅角部では風圧力がダウンする傾向がある。

●風圧力と高さの関係 (建物基準高さと軒高さの平均が60mで再現期間100年の場合)



●主要な改訂点

	従 来 基 準	→	新 基 準									
風 圧 力	$P=q \times C$ q:速度圧 C:風力係数 <table border="1"> <tr> <td>建物高さ</td> <td>正 圧</td> <td>負 圧</td> </tr> <tr> <td>31m以下</td> <td>0.8</td> <td>▲0.4</td> </tr> <tr> <td>31m超</td> <td>0.8~1.0</td> <td>▲1.5</td> </tr> </table>	建物高さ	正 圧	負 圧	31m以下	0.8	▲0.4	31m超	0.8~1.0	▲1.5	→	$W=q \times \hat{C}_f$ \hat{C}_f :ピーク風力係数 W:風圧力 \bar{q} :平均速度圧 $\hat{C}_f = C_{pe} \times G_{pe} - C_{pi} \times G_{pi}$ ピーク外圧係数(正・負) ピーク内圧係数
建物高さ	正 圧	負 圧										
31m以下	0.8	▲0.4										
31m超	0.8~1.0	▲1.5										
速 度 圧	該当高さにより速度圧(q)が変わる $q=60\sqrt{h}$ (kgf/m ²) 建築物の部位 ≤ 16m $q=120\sqrt{h}$ 建築物の部位 > 16m	→	建築物の高さが決まれば(\bar{q})は一定 $\bar{q}=0.6 \times E_r \times V_0^2$ (N/m ²) E _r :平均風速の高さ分布を表す係数 H:建築物の平均高さ V ₀ :基準風速(告示による数値m/s)									
基 準 風 速	全 国 一 律	→	V ₀ :30~46m/sの範囲で都道府県区郡市町村別に異なる									
隅 角 部	建物高さが31mを超える建物に適用 	→	全ての高さの建物に適用 a'=2H, bの内、小さい値 H:建築物の平均高さ b:平面の短辺長さm									

2 板ガラスの許容荷重、使用可能面積

従来は、いわゆる「メーカー実験式」、「告示式」と2本建てとなっていたが、新告示式には「異なる厚さや異なる強度のガラスを組み合わせた複層ガラスや合わせガラス」の強度を計算する考え方が含まれましたので、下の新計算式に一本化することとしました。従来の計算方法と比べ以下の点が異なっています。

- ① 合わせガラスの強度算定に、中間膜による剛性アップと厚さや強度が異なるガラスを組み合わせた場合の考え方が取り入れられた。
- ② 複層ガラスの強度算定に、厚さや強度が異なるガラスを組み合わせた場合の考え方が取り入れられた。

- ③ 強度係数が一部見直された。
 - ・フロート板ガラスの強度係数が、2区分から4区分となった。
 - ・網入板ガラス、強化ガラスの強度係数が見直された。

●板ガラスの強度計算方法

従 来 計 算 式	→	新 計 算 式
●建物高さ31m以下(メーカー実験式) ●建物高さ31m超(告示式) $P = \frac{\lambda}{2.5A} \left(t + \frac{t^2}{4} \right)$ P:板ガラスの許容風圧力(kgf/m ²) λ, α:板ガラスの品種別係数	→	$P = \frac{300 \cdot k_1 \cdot k_2}{A} \left(t + \frac{t^2}{4} \right)$ P:ガラスの許容耐力もしくは許容風圧力(N/m ² ,またはPa) A:ガラスの見付面積(m ²) k1:ガラスの種類に応じた係数 k2:ガラスの構成に応じた係数 t:ガラスの厚さ(ミリメートル)

合わせガラス:中間膜を除いた各ガラスの呼び厚さの合計
複層ガラス:構成する各ガラス厚さ

※従来単位(kgf/m²)に換算する場合は、9.80665で割ってください。kgf/m² = $\frac{N/m^2}{9.80665}$

8-3 板ガラスの耐風圧設計の方法

板ガラスの耐風圧設計を行うには、建築物に関わる情報に基づいて設計風圧力を、板ガラスに関わる情報に基づいて板ガラスの許容風圧力(許容耐力)をそれぞれ算定します。

1 設計風圧力の算定について

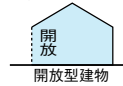
設計風圧力を求める算定方法は、次の2通りがあります。

A 計算式による方法

手計算または自前の計算プログラムにより計算します。(計算手順はP22～23参照)但し、トップライトの算定は省略しています。詳しくは、2試験装置・関係法規の耐風圧関係法規/建設省告示第1458号(P62)をご参照ください。

B 早見表による方法

条件に合致する早見表を用いて計算します。(計算手順はP26～29参照)但し、地表面粗度区分I、II、開放型建物、トップライトの場合は、早見表は使用できません。



2 板ガラスの許容風圧力の算定について

板ガラスの許容風圧力を求める算定方法は、次の2通りがあります。

C 計算式による方法

D 許容荷重表による方法
以上の算定により、板ガラスの許容風圧力が設計風圧力以上になるように下記の方法でガラスを選定します。

- ① ガラスの見付面積から、ガラス品種と呼び厚さを求めます。
または、
- ② ガラス品種と呼び厚さから、使用可能面積を求めます。

●算定に必要な情報

●設計風圧力の算定に必要な情報

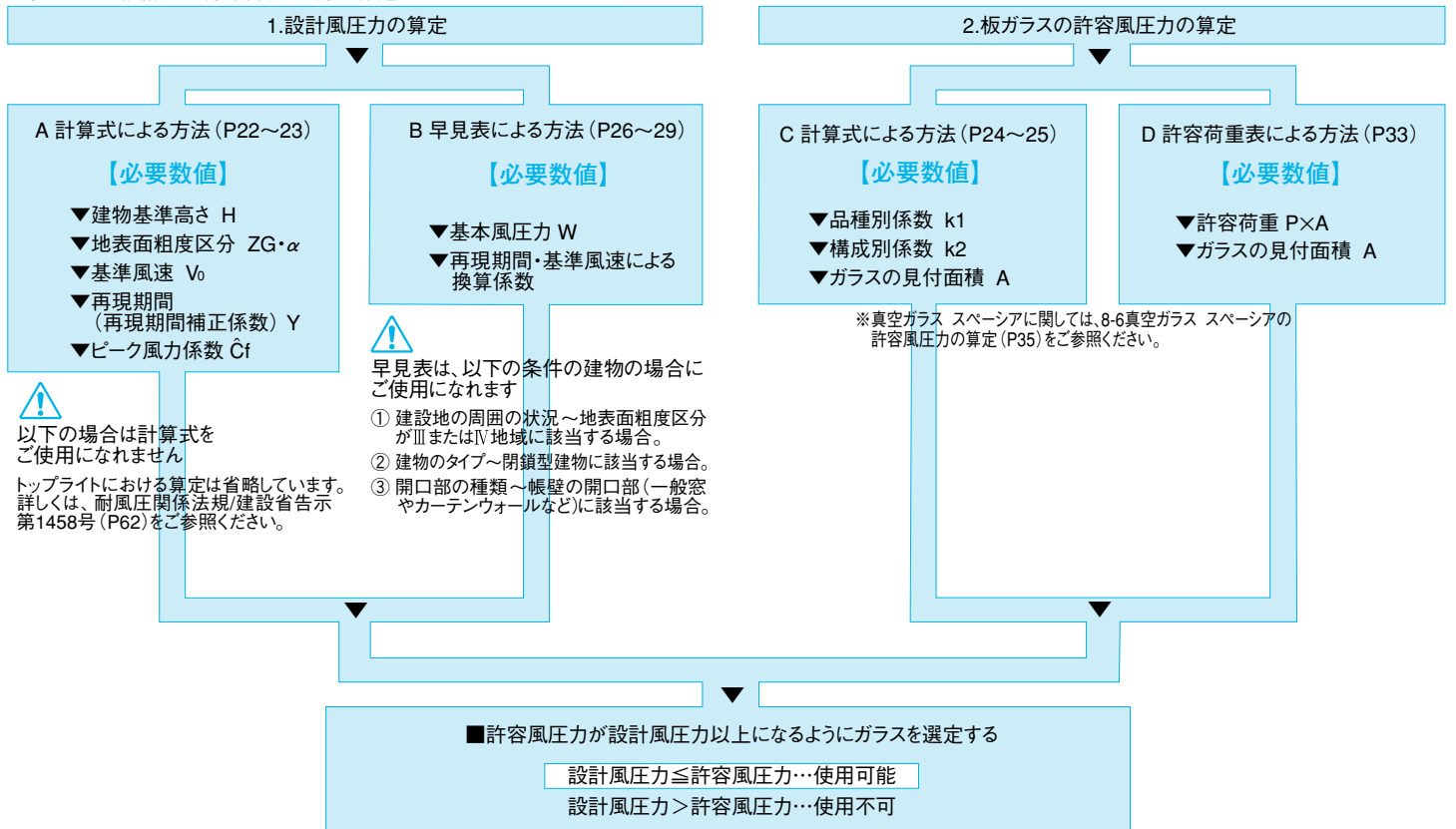
1. 建設地域～所在地により基準風速を選択します。
2. 建設地の周囲の状況～地表面粗度区分を選択します。
3. 建物種類～戸建住宅か、超高層建築物か、それ以外の建物かにより再現期間を選択します。
4. 建物のタイプ～閉鎖型建物か、開放型建物かを選択します。
5. 開口部の種類～帳壁の開口部か、トップライトかを選択します。
6. 建物基準高さ～平均速度圧と負圧のピーク風力係数を算定します。
7. 開口部の高さ～開口部上端高さで建物基準高さにより正圧のピーク風力係数を算定します。
8. 建物の短辺の長さ～隅角部の領域を算定します。

●板ガラスの許容風圧力の算定に必要な情報

1. 板ガラスの種類～種類により係数k1を選択します。
2. 板ガラスの構成～構成(単板・合わせ・複層ガラス)により係数k2を選択または算出します。
3. 板ガラスの面積 (㎡)
4. 板ガラスの呼び厚さ(ミリ)

・各種板ガラスの「耐風圧設計」計算は、弊社ホームページからご利用いただけます。
<http://www.nsg.co.jp/archi/>

●板ガラスの設計風圧力・許容風圧力の算定



8-4 計算式による算定

1 設計風圧力の算定

●計算式

$$W=0.6 \times (Er \times V_0 \times Y)^2 \times \hat{C}_f$$

$$Er=1.7 \times \left(\frac{H'}{ZG}\right)^\alpha$$

$$\hat{C}_f=Cpe \times Gpe - Cpi \times Gpi$$

W:設計風圧力
Er:平均風速の高さ分布を表わす係数。
H':建物基準高さHと5mのうち大きい方の値。
ZG,α:表1 地表面粗度区分による。
Vo:地域別基準風速 データ1 基準風速による。(P30~32)

Y:再現期間補正係数 表2 再現期間補正係数一覧による。
※再現期間補正係数は、告示に示されている式には表されていませんが、ベースとなった建築学会の風荷重指針の考え方に基づいて、式に組み込みました。
Cf:ピーク風力係数
Cpe×Gpe:ピーク外圧係数 正圧の場合 Cpe,Gpe:表3、表4による。
負圧の場合 Cpe×Gpe:表6による。
Cpi×Gpi:ピーク内圧係数 Cpi×Gpi:正圧の場合表5、負圧の場合表7による。

●計算式チャート

●建設地の周囲状況により地表面粗度区分を選び、ZG,αを決定

地表面粗度区分	周 辺 状 況	ZG	α
I	都市計画区域外にあって、極めて平坦で障害物がないものとして、特定行政庁が規則で定める地域	250	0.1
II	都市計画区域外にあって、区分I以外の地域、又は都市計画区域内にあって区分IV以外の地域のうち、海岸線又は湖岸線までの距離が500m以内の地域(建物高さが31m以下の場合は200m以内の地域)	350	0.15
III	・区分I・II・IV以外の地域(最も一般的な地域) ・区分IIの地域で建物高さが13m以下の場合	450	0.2
IV	都市計画区域内にあって、極めて都市化が著しいものとして特定行政庁が規則で定める地域		

●建設地域によって基準風速 Vo を選択 ⇒ データ1の基準風速の中から選択する(P30~32)

●再現期間を選び再現期間補正係数Yを決定 [板硝子協会推奨基準]

再現期間	対 象 レ ベ ル	Y
50年	戸建住宅(告示1454号の基準風速)	1.00
100年	一般的な建築物	1.07
200年	高さ60mを超える建築物	1.15
300年(参考)	極めて重要な建築物	1.19
500年(参考)	超高層建築物の構造体(告示1461号の設計風速)	1.25

●建物の部位によりピーク風力係数Cfを算出(正圧の場合)
Cf=Cpe×Gpe-Cpi×Gpi

建物基準高さ(H)	部位の高さ(Z)	Cpe
5m以下	—	1
5mを超える	5m以下	(5/H) ^{2α}
	5mを超える	(Z/H) ^{2α}

※αは表1 地表面粗度区分による

地表面粗度区分	部 位 の 高 さ (Z)		
	5m以下	5mを超え40m未満	40m以上
I	2.2	2.2-(Z-5)×0.3/35	1.9
II	2.6	2.6-(Z-5)×0.5/35	2.1
III及びIV	3.1	3.1-(Z-5)×0.8/35	2.3

	Cpi×Gpi
閉鎖型の建物	-0.5
開放型の建物	-1.2

Zは開口部の上端高さとしてします。

※正圧の場合は、建物基準高さHと部位の高さZによって、ピーク風力係数Cfが決まりますので、部位の高さZによって設計風圧力は異なります。

●建物の部位によりピーク風力係数Cfを算出(負圧の場合)
Cf=Cpe×Gpe-Cpi×Gpi

部位	建物基準高さ(H)		
	45m以下	45mを超え60m未満	60m以上
一般部	-1.8	-1.8-(H-45)×0.6/15	-2.4
隅角部	-2.2	-2.2-(H-45)×0.8/15	-3

	Cpi×Gpi
閉鎖型の建物	0
開放型の建物	1.5

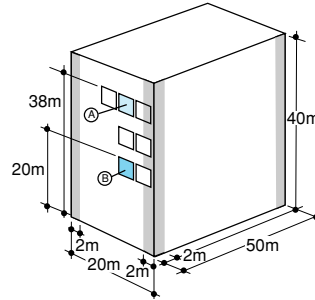
a':2Hと建物短辺aのうち小さい値

●設計風圧力Wを算定

$$W=0.6 \times (Er \times V_0 \times Y)^2 \times \hat{C}_f$$

●具体例

埼玉県大宮市（現：さいたま市）内に建つ10階建
 ガラスカーテンウォールの商業ビル
 建物高さと軒高が40m、建物短辺幅20m、閉鎖型建物。
 最上階部分㊸（ガラス上端高さ38m）と、
 建物中央部分㊹（ガラス上端高さ20m）の
 設計風圧力を求めます。



●設計風圧力Wを求めます

- ① 地表面粗度区分よりZG、 α の選定⇒P22表1より [ZG=450、 $\alpha=0.2$]
- ② 基準風速V₀の選定⇒P30データ1より [V₀=32m/s]
- ③ 再現期間を選び、再現期間補正係数Yの選定⇒P22表2より [Y=1.07]
- ④ 建物基準高さHの設定⇒建物高さと同じなので [H=40]
- ⑤ 隅角部の設定⇒建物基準高さが40m、建物短辺幅が20mなので、建物基準高さの2倍である80mよりも幅の方が小さい値となるので、建物角から2m (20m×0.1) までが隅角部、その他の部分が一般部となる。

⑥ ピーク風力係数 \hat{C}_f の算出

㊸の部位：最上階部分（ガラス上端高さ38m）

●正圧の場合

・C_{pe}を決定⇒P22表3 [$\left(\frac{38}{40}\right)^{2 \times 0.2} = 0.980$]

・G_{pe}を決定⇒P22表4 [2.346]

・C_{pi}×G_{pi}を決定⇒P22表5 [-0.5]

$\hat{C}_f = 0.980 \times 2.346 - (-0.5) = 2.8$ ※小数点第2位四捨五入

●負圧の場合

・C_{pe}×G_{pe}を決定⇒P22表6 [一般部 -1.8 / 隅角部 -2.2]

・C_{pi}×G_{pi}を決定⇒P22表7 [0]

$\hat{C}_f = -1.8 - 0 = -1.8$ (一般部) $\hat{C}_f = -2.2 - 0 = -2.2$ (隅角部)

一般部 正圧 > 負圧なので $\hat{C}_f = 2.8$

隅角部 正圧 > 負圧なので $\hat{C}_f = 2.8$

⑦ 平均風速の高さ分布を表す係数E_rの算出⇒P22計算式

$E_r = 1.7 \times \left(\frac{H}{ZG}\right)^\alpha$ $E_r = 1.7 \times \left(\frac{40}{450}\right)^{0.2} = 1.048$

⑧ 建物の各部位の設計風圧力Wを算出⇒P22計算式

$W = 0.6 \times (E_r \times V_0 \times Y)^2 \times \hat{C}_f$

㊸の部位：最上階（ガラス上端高さ38m）

$W = 0.6 \times (1.048 \times 32 \times 1.07)^2 \times 2.8 = 2163 \text{ (N/m}^2\text{)}$

㊹の部位：建物中央部分（ガラス上端高さ20m）

●正圧の場合

・C_{pe}を決定⇒P22表3 [$\left(\frac{20}{40}\right)^{2 \times 0.2} = 0.758$]

・G_{pe}を決定⇒P22表4 [2.757]

・C_{pi}×G_{pi}を決定⇒P22表5 [-0.5]

$\hat{C}_f = 0.758 \times 2.757 - (-0.5) = 2.6$ ※小数点第2位四捨五入

●負圧の場合

・C_{pe}×G_{pe}を決定⇒P22表6 [一般部 -1.8 / 隅角部 -2.2]

・C_{pi}×G_{pi}を決定⇒P22表7 [0]

$\hat{C}_f = -1.8 - 0 = -1.8$ (一般部) $\hat{C}_f = -2.2 - 0 = -2.2$ (隅角部)

一般部 正圧 > 負圧なので $\hat{C}_f = 2.6$

隅角部 正圧 > 負圧なので $\hat{C}_f = 2.6$

㊹の部位：建物中央部分（ガラス上端高さ20m）

$W = 0.6 \times (1.048 \times 32 \times 1.07)^2 \times 2.6 = 2009 \text{ (N/m}^2\text{)}$

2 板ガラスの許容風圧力の算定

●計算式

$$P = \frac{300 \cdot k1 \cdot k2}{A} \times \left(t + \frac{t^2}{4} \right)$$

P:ガラスの許容風圧力(N/m²,またはPa) k1:ガラスの種類に応じて決まる係数。表8による。
 A:ガラスの見付面積(m²) k2:ガラスの構成に応じて決まる係数。表9による。
 t:ガラスの呼び厚さ(ミリ)
 ※合わせガラスの場合は、中間膜を除いたそれぞれのガラスの呼び厚さの合計。
 ※複層ガラスの場合は、構成するガラスそれぞれのガラスの呼び厚さ。

●計算式チャート

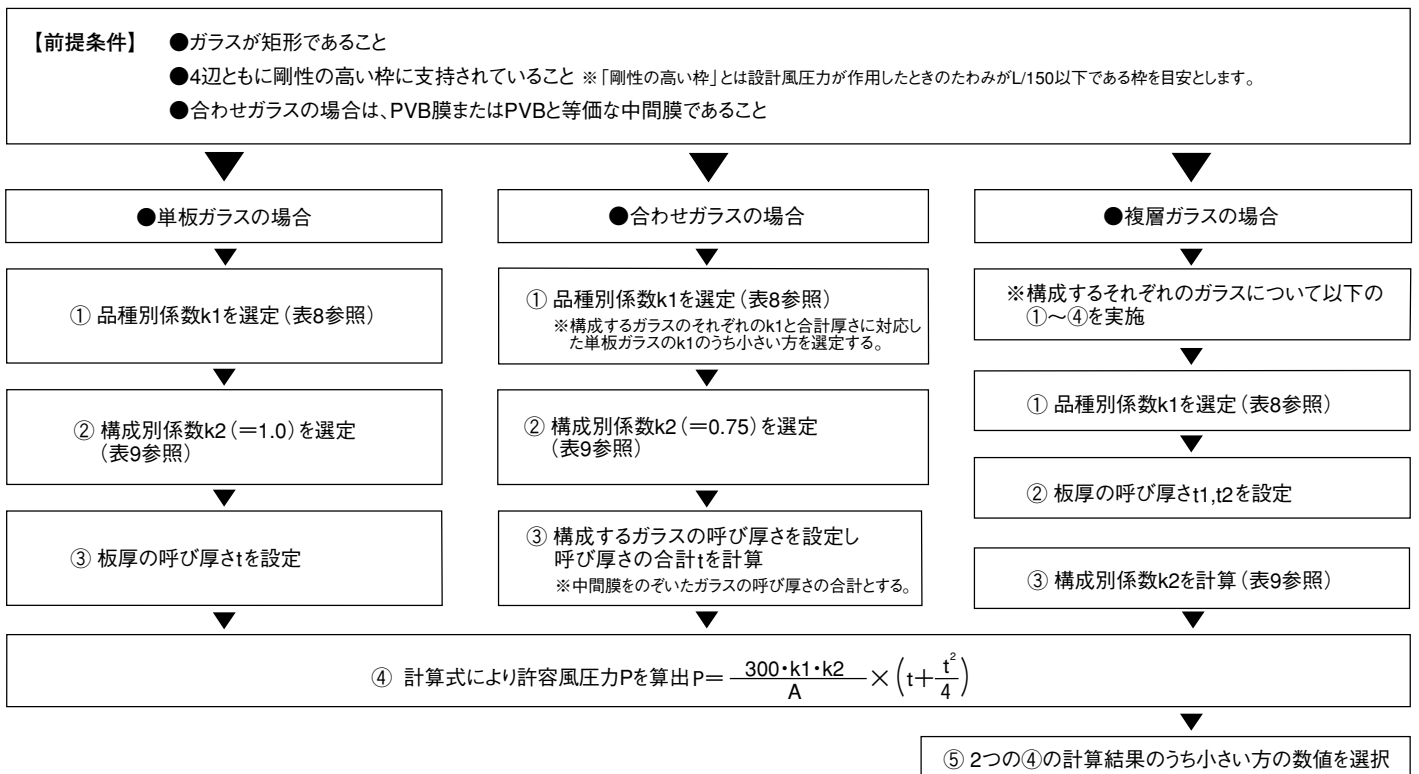


表8

ガラスの種類	k1	
普通板ガラス	1.0	
磨き板ガラス	0.8	
フロート板ガラス	8ミリ以下	1.0
熱線吸収板ガラス	8ミリを超え12ミリ以下	0.9
熱線反射ガラス	12ミリを超え20ミリ以下	0.8
高性能熱線反射ガラス	20ミリを超える	0.75
倍強度ガラス	2.0	
強化ガラス	3.5	
網入、線入磨き板ガラス	0.8	
網入、線入型板ガラス	0.6	
型板ガラス	0.6	
色焼付ガラス	2.0	

※合わせガラスの場合、合計厚さに対応した単板ガラスのk1とそれぞれのガラスのk1のうち、小さい方の数値を用います。

表9

ガラスの構成	k2	
単板ガラス	1.0	
合わせガラス	0.75	
複層ガラス*	t1について計算する場合	$0.75 \times \left[1 + \left(\frac{t2}{t1} \right)^3 \right]$
	t2について計算する場合	$0.75 \times \left[1 + \left(\frac{t1}{t2} \right)^3 \right]$

※t2/t1、t1/t2の値が2.0を超える場合は、2.0とします。

※真空ガラス スペースシアに関しては、8-6真空ガラス スペースシアの許容風圧力の算定(P35)をご参照ください。

●具体例

ガラスの見付面積 (A) が4.0㎡の場合
各種ガラスの許容風圧力 (P) を求めます。

●単板ガラス フロート板ガラス8ミリ (FL8) の場合

- ①品種別係数k1の選定⇒表8より [k1=1.0]
- ②構成別係数k2の選定⇒表9より [k2=1.0]
- ③板厚の呼び厚さtの設定⇒ [t=8]
- ④計算式により許容風圧力Pを算出

$$P = \frac{300 \cdot k_1 \cdot k_2}{A} \times \left(t + \frac{t^2}{4} \right)$$

$$= \frac{300 \times 1.0 \times 1.0}{4} \times \left(8 + \frac{8^2}{4} \right)$$

$$= 1800 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

●合わせガラス フロート板ガラス12ミリ (FL12) + 網入磨き板ガラス10ミリ (PW10) の場合

- ①品種別係数k1の選定⇒表8より
 - ・合計厚さが22ミリなので [k1=0.75]
 - ・FL12なので [k1=0.9]
 - ・PW10なので [k1=0.8] よって [k1=0.75]
- ②構成別係数k2の選定⇒表9より [k2=0.75]
- ③構成するガラスの呼び厚さの合計tを計算 [t=22 (12ミリ+10ミリ)]
- ④計算式により許容風圧力Pを算出

◀ 合わせガラスの場合、合計厚さに対応したフロート板ガラスのk1とそれぞれのガラスのk1のうち、小さい方の数値を用います。

$$P = \frac{300 \cdot k_1 \cdot k_2}{A} \times \left(t + \frac{t^2}{4} \right)$$

$$= \frac{300 \times 0.75 \times 0.75}{4} \times \left(22 + \frac{22^2}{4} \right)$$

$$= 6033 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

●複層ガラス 網入磨き板ガラス6.8ミリ (PW6.8) + A (中空層) + フロート板ガラス8ミリ (FL8) の場合

▲構成するそれぞれのガラスについて許容風圧力を計算します。

・網入磨き板ガラス6.8ミリ (PW6.8) から算定

- ①品種別係数k1の選定⇒表8より [k1=0.8]
- ②板厚の呼び厚さtの選定⇒ [t1=6.8 (PW6.8)]
[t2=8 (FL8)]

③構成別係数k2を求める

$$k_2 = 0.75 \times \left[1 + \left(\frac{8}{6.8} \right)^3 \right] \text{ [k2=1.971]}$$

④計算式により許容風圧力Pを算出

$$P = \frac{300 \cdot k_1 \cdot k_2}{A} \times \left(t + \frac{t^2}{4} \right)$$

$$= \frac{300 \times 0.8 \times 1.971}{4} \times \left(6.8 + \frac{6.8^2}{4} \right)$$

$$= 2171 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

・フロート板ガラス8ミリ (FL8) から算定

- ①品種別係数k1の選定⇒表8より [k1=1.0]
- ②板厚の呼び厚さtの選定⇒ [t1=6.8 (PW6.8)]
[t2=8 (FL8)]

③構成別係数k2を求める

$$k_2 = 0.75 \times \left[1 + \left(\frac{6.8}{8} \right)^3 \right] \text{ [k2=1.21]}$$

④計算式により許容風圧力Pを算出

$$P = \frac{300 \cdot k_1 \cdot k_2}{A} \times \left(t + \frac{t^2}{4} \right)$$

$$= \frac{300 \times 1.0 \times 1.21}{4} \times \left(8 + \frac{8^2}{4} \right)$$

$$= 2178 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

⑤2つの計算結果のうち小さい方の数値を選択⇒2171 (N/m²)

※従来単位 (kgf/m²) に換算する場合は、9.80665で割ってください。kgf/m² = $\frac{\text{N/m}^2}{9.80665}$