

板硝子協会 推奨基準

2003年 8 月

- ▶ トップライトにおける荷重の算定方法
- ▶ 特殊条件下における板ガラスの強度計算法

目 次

はじめに	1
------	---

第1章 トップライトにおける荷重の算定方法

1 風荷重	2
2 トップライトの積雪荷重	7
3 ガラスの自重	8
4 荷重の組み合わせ	8
資料1 基準風速 (V_0)	9
資料2 積雪計算のために区域に応じて定められた数値	

1 2

第2章 特殊条件下における板ガラスの強度計算法

1 ガラスの許容応力	1 6
2 単板ガラスの強度計算	1 6
3 合わせガラスの強度計算	1 7
4 複層ガラスの強度計算	2 0
資料3 特殊支持における計算式	2 2

はじめに

平成 12 年 6 月に施行された国土交通省（当時建設省）の告示（第 1454,1455,1458 号）では、板ガラスの風圧力の計算方法、4 辺支持の板ガラスの耐風圧強度計算方法ならびに積雪荷重の計算方法等の改訂がありました。それに伴い平成 13 年 3 月に発行された「板硝子協会推奨基準」は、4 辺支持され垂直に設置される一般的な開口部のガラスの耐風圧計算について、新しい告示における解説や補足を加えたものです。

告示改訂にともない、告示で規定されていない特殊な使い方（トップライトや SSG 構法、水槽、棚板などに使用される場合の通称「特殊条件下」と呼んでいる）における板ガラスの強度計算方法についても新しい告示との整合性の点で改訂が必要になっていました。

板硝子協会ではこれを機会に本書において、平成 13 年 3 月発行版に含まれなかったトップライトの荷重の算定方法ならびに特殊条件下におけるガラスの強度計算方法、フロート板ガラスの許容応力、合わせガラスや複層ガラスの計算方法の改訂・統一を行いました。

トップライトのガラス検討における注意事項

本書の基準を用いることによって荷重強度上の検討を行うことが可能ですが、当基準に適合すれば全ての設計条件を満足しているわけではありません。

垂直窓にもいえることですが、特にトップライトでは、施工性、施工によって発生する応力、取替、メンテナンス方法等を考慮してガラスの大きさを決める必要があり、また衝撃安全性、防露性、耐熱割れ性などの設計条件については別途検討が必要になります。

これらの点を十分ご留意の上ご活用ください。

また、人が載ることを特別に考慮してガラスの仕様を検討した場合を除き、たとえ施工者であってもガラスの上に載ることは絶対にお止め下さい。

第1章 トップライトにおける荷重の算定方法

トップライトのガラスに作用する荷重は風荷重、積雪荷重、並びに自重となります。

1 風荷重

屋根面に作用する風荷重は告示 1454 号及び 1458 号に示されています。トップライトの風荷重計算もこれら告示に従います。しかし、告示には全ての建物形状や屋根形状について記述されているわけではありません。トップライトに関しては、セットバックした建物の低層部屋根の風荷重は告示にはありません。このように基準法施行令・告示に示されていない場合は、風洞実験等で確認し、最終的に建物の設計者の判断で決定されるものです。

(1) 設計荷重 W の計算

告示 1458 号に基づき風荷重の計算は以下のように行います。

$$W = \bar{q} \cdot \hat{C}_f \quad (1.1.1)$$

W : 設計風圧 (N/m^2 または Pa)

$\bar{q}$: 平均速度圧 (N/m^2 または Pa)

$\hat{C}_f$: ピーク風力係数 (正と負)

$$\bar{q} = 0.6 \cdot E_r \cdot (V_o \cdot y)^2 \quad (1.1.2)$$

E_r : 平均風速の鉛直分布を示す係数(式 1.1.3)

V_o : 基準風速 (m/s) (資料 1 参照)

y : 再現期間係数 (表 1.1.1 参照)

* 再現期間係数は日本建築学会建築荷重指針 (1993 改訂版) 等をもとに板硝子協会がガラスの信頼性指標より設けた係数で、板硝子協会では、再現期間の基本を 100 年とするよう推奨しています。トップライトのガラス強度の検討は、当該建物の一般部の窓と同じ再現期間で実施してください。

表 1.1.1 再現期間係数 (y)

再現期間	50 年	100 年	200 年	300 年	500 年
再現期間係数 (y)	1.00	1.07	1.15	1.19	1.25

$$E_r = 1.7 \cdot \left(\frac{H'}{Z_G} \right)^\alpha \quad (1.1.3)$$

H' : H と 5m の内、大きい方の数値 (m)

H : 建物高さ と 軒高さ の平均値 (m)

Z_G, α : 地表面粗度区分に応じて表 1.1.2 に示された数値

表 1.1.2 地表面粗度区分と Z_G , α の数値

地 表 面 粗 度 区 分		Z_G	α
I	都市計画区域外であって極めて平坦で障害がないものとして特定行政庁が規則で定める区域	250	0.10
II	都市計画区域外で地表面粗度区分 I の区域以外の区域（建物高さが 13m 以下の場合を除く。）または都市計画区域内で地表面粗度区分 IV の区域以外の区域のうち、海岸線または湖岸線（対岸までの距離が 1500m 以上のものに限る。以下同じ）までの距離が 500m 以内の区域（ただし、建物高さが 13m 以下である場合またはこの海岸線もしくは湖岸線からの距離が 200m を超え、かつ建物高さが 31m 以下の場合を除く。）	350	0.15
III	地表面粗度区分 I、II、IV 以外の一般区域（最も一般的な地域）	450	0.20
IV	都市計画区域内にあつ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区域		

(2) ピーク風力係数 $\hat{C}_f$ の計算

ピーク風力係数 $\hat{C}_f$ の計算は以下のように行います。（但し、独立上家の場合は 6 頁参照）

$$\hat{C}_f = C_{pe} \cdot G_{pe} - C_{pi} \cdot G_{pi} \quad (1.1.4)$$

$C_{pe} \cdot G_{pe}$: ピーク外圧係数（屋外から当該部分を垂直に押す方向が正となる）

$C_{pi} \cdot G_{pi}$: ピーク内圧係数（屋内から当該部分を垂直に押す方向が正となる）

以下の表 1.1.3 から算定します。

表 1.1.3 ピーク外圧係数、ピーク内圧係数

屋根の種類	ピーク外圧係数			ピーク内圧係数
	正		負	
	C_{pe}	G_{pe}	$C_{pe} \cdot G_{pe}$	$C_{pi} \cdot G_{pi}$
陸屋根 切妻屋根 片流れ屋根 のこぎり屋根	表 1.1.4	表 1.1.5	表 1.1.6	表 1.1.9
円弧屋根	表 1.1.7	表 1.1.5	表 1.1.8	表 1.1.9

表 1.1.4 正の C_{pe}

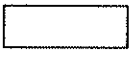
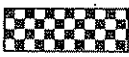
θ	$\theta \leq 10$	$10 < \theta < 30$	30	$30 < \theta < 45$	45	$45 < \theta < 90$	90
C_{pe}	0	$\frac{(\theta - 10) \times 0.9}{90}$	0.2	$0.2 + \frac{(\theta - 30) \times 1.2}{90}$	0.4	$0.4 + \frac{(\theta - 45) \times 0.8}{90}$	0.8

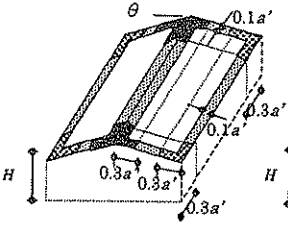
(注) θ は屋根面が水平面となす角度。単位：度。

表 1.1.5 正の G_{pe}

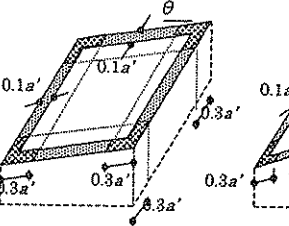
地表面粗度区分 \ H (m)	$H \leq 5$	$5 < H < 40$	$40 \leq H$
I	2.2	$2.2 - \frac{(H-5) \times 0.3}{35}$	1.9
II	2.6	$2.6 - \frac{(H-5) \times 0.5}{35}$	2.1
III, IV	3.1	$3.1 - \frac{(H-5) \times 0.8}{35}$	2.3

表 1.1.6 負のピーク外圧係数 $C_{pe} \cdot G_{pe}$

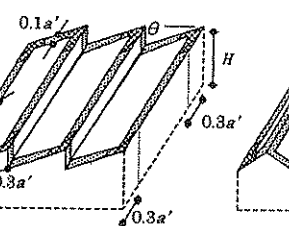
θ	$\theta \leq 10$	$10 < \theta < 20$	20	$20 < \theta < 30$	$30 \leq \theta$
 の部位	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5	-2.5
 の部位	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2	-3.2
 の部位	-4.3	$-4.3 + \frac{(\theta-10) \times 1.1}{10}$	-3.2	-3.2	-3.2
 の部位	-3.2	$-3.2 - \frac{(\theta-10) \times 2.2}{10}$	-5.4	$-5.4 + \frac{(\theta-20) \times 2.2}{10}$	-3.2



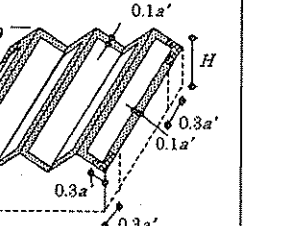
切妻屋根



陸屋根・片流れ屋根



のこぎり屋根



切妻(連続)屋根

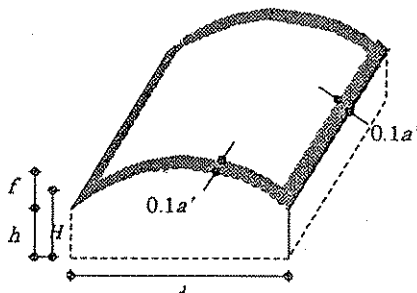
(注) $\theta \leq 10$ の切妻屋根面については当該 θ の値における片流れ屋根面の数値を用います。
(注) a' : 平面の短辺長さと $H \times 2$ のうち小さな数値 ($30 < a'$ のときは $a' = 30$ 単位 : m)

表 1.1.7 円弧屋根面の正の C_{pe} (表 1.1.8 の図中参照)

$\frac{h}{d} \backslash \frac{f}{d}$	$\frac{f}{d} < 0.05$	0.05	$0.05 < \frac{f}{d} < 0.2$	0.2	$0.2 < \frac{f}{d} < 0.3$	0.3	$0.3 < \frac{f}{d} < 0.5$	$0.5 \leq \frac{f}{d}$
$0 \leq \frac{h}{d} < 0.5$	0	0.1	$0.1 + \frac{2}{3}(\frac{f}{d} - 0.05)$	0.2	$0.2 + (\frac{f}{d} - 0.2)$	0.3	$0.3 + \frac{3}{2}(\frac{f}{d} - 0.3)$	0.6
$0.5 \leq \frac{h}{d}$	0	0	0	0	$2(\frac{f}{d} - 0.2)$	0.2	$0.2 + 2(\frac{f}{d} - 0.3)$	0.6

表 1.1.8 円弧屋根面の負のピーク外圧係数 $C_{pe} \cdot G_{pe}$

部位		$C_{pe} \cdot G_{pe}$
	の部位	-2.5
	の部位	-3.2



(注) H: 建築物の高さと軒の高さとの平均 (m)
d: 円弧屋根面の張り間方向の長さ (m)
h: 建築物の軒の高さ (m)
f: 建築物の高さと軒の高さとの差 (m)
a': 平面の短辺長さと $H \times 2$ のうち小さな数値 ($30 < a'$ のとき $a' = 30$) (m)

表 1.1.9 ピーク内圧係数 $C_{pi} \cdot G_{pi}$

閉鎖型の建物	ピーク外圧係数が 0 以上の場合	-0.5
	ピーク外圧係数が 0 未満の場合	0
開放型の建物	風上開放の場合	1.5
	風下開放の場合	-1.2

※ 独立上屋の場合のピーク風力係数 $\hat{C}_f$

① $\hat{C}_f \geq 0$ の場合

表 1.1.10 の $\hat{C}_f$ に表 1.1.5 の正の G_{pe} を乗じた値とします。

表 1.1.10 独立上屋の $\hat{C}_f$

			$\theta \leq 10$	$10 < \theta < 30$	$30 \leq \theta$
切妻屋根	風上屋根	正	0.6	$0.6 + \frac{(\theta - 10) \times 0.3}{20}$	0.9
		負	-1.0	$-1.0 - \frac{(\theta - 10) \times 0.4}{20}$	-0.5
	風下屋根	正	0.2	$0.2 - \frac{(\theta - 10) \times 0.2}{20}$	0.0
		負	-0.8	$-0.8 - \frac{(\theta - 10) \times 0.7}{20}$	-1.5
翼型屋根	風上屋根	正	0.6	$0.6 - \frac{(\theta - 10) \times 0.2}{20}$	0.4
		負	-1.0	$-1.0 - \frac{(\theta - 10) \times 0.2}{20}$	-1.2
	風下屋根	正	0.2	$0.2 + \frac{(\theta - 10) \times 0.6}{20}$	0.8
		負	-0.8	$-0.8 + \frac{(\theta - 10) \times 0.5}{20}$	-0.3

切妻屋根 翼型屋根

(注) けた方向に風を受ける場合 10° 以下の場合の数値を用いる。このとき風上から H 相当の範囲は風上屋根の数値を、それ以降の範囲は風下屋根の数値を用います。

② $\hat{C}_f < 0$ の場合、

表 1.1.10 の $\hat{C}_f$ に表 1.1.11 の G_{pe} を乗じた値とします。

表 1.1.11 独立上屋の G_{pe}

部位		G_{pe}
	の部位	3.0
	の部位	4.0

$\theta \leq 10^\circ$ $10^\circ < \theta$

θ : 屋根が水平面となす角度 (度)
 a' : 平面の短辺長さと $H \times 2$ のうちいずれか小さな数値 ($30 < a'$ のとき $a' = 30$) (m)

2 トップライトの積雪荷重

トップライトに作用する積雪荷重は、建築基準法施行令 86 条および告示 1455 号により当該建物が建築される場所の積雪荷重 W_s を採用します。

積雪荷重 W_s の計算は以下のように行います。ここで、告示 1455 号の垂直積雪深さは再現期間 50 年に相当しますので、それ以上の再現期間を考慮する場合の計算として建築学会荷重指針に基づき再現期間換算係数を、板硝子協会で追加しました。

$$W_s = \mu b \cdot w \cdot d \cdot 100 \cdot R_{snow} \quad (1.2.1)$$

W_s : 積雪荷重 (N/m^2)

μb : 屋根形状係数 (表 1.2.1 による)

w : 単位積雪荷重 (積雪 1 cm ごとに $20 \text{ N}/\text{m}^2$ 以上)

R_{snow} : 再現期間換算係数 (表 1.2.2 による)

d : 垂直積雪深さ (m)

$$d = \alpha \cdot l_s + \beta \cdot r_s + \gamma \quad (1.2.2)$$

α, β, γ, R : 区域に応じて定められた数値 (資料 2 参照)

l_s : 区域の標準的な標高 (m)

r_s : 区域の標準的な海率

$$r_s = \frac{\text{当該円内の海その他これに類するものの面積}}{\text{区域に応じて定められた半径 } R \text{ (km) の面積}}$$

* 上記の計算による他、特定行政庁が別途定める場合はそれに従ってください。

表 1.2.1 μb (屋根形状係数)

屋根の形状		μb
陸屋根・のこぎり屋根・切妻(連続) 屋根・翼型の独立上家 屋根に雪止めがある場合		1.0
切妻・片流れ屋根等 で雪止めが無い場合	$\theta > 60^\circ$	0
	$\theta \leq 60^\circ$	$\sqrt{\cos(1.5 \cdot \theta)}$

* 屋根形状係数は、屋根形状や傾斜による雪の残留の程度を表します。

表 1.2.2 再現期間換算係数 (R_{snow})

再現期間		50 年	100 年	200 年	300 年	500 年
再現期間換算 係数 (R_{snow})	$d \geq 1.0$	1.00	1.10	1.20	1.26	1.33
	$d < 1.0$	1.00	1.13	1.27	1.34	1.44

* 告示 1455 号は、建築学会荷重指針の考え方を取り入れて再現期間 50 年を基準としているため、指針の再現期間換算係数を準用します。

3 ガラスの自重

ガラス面に垂直に作用する自重は、ガラスの呼び厚さ mm に対して、以下の式により求めます。

$$W_g = 24.5 \cdot t \cdot \cos \theta \quad (1.3.1)$$

W_g : ガラス面に垂直に作用する自重 (N/m²)

t : ガラスの呼び厚さ (mm)、合わせガラス及び複層ガラスにおいてはそれぞれ構成するガラスの呼び厚さの合計 (mm)

θ : トップライトのガラスの傾斜角 (度)

4 荷重の組み合わせ

トップライトのガラスに作用する荷重は①、②、③でそれぞれ述べた風荷重 (短期荷重)、積雪荷重 (長期荷重)、並びに自重 (長期荷重) となりますが、これらの荷重が同時に作用する場合については、建築基準法施行令第 82 条に鑑み、表 1.3.1 に示します。表中の①～④のケースを比較して最も厳しい条件にて強度検討を行います。

表 1.3.1 荷重の組み合わせと荷重期間の見方

想定状態	組み合わせ荷重	長・短期の見方
① 暴風時 (正圧)	正の風荷重 + 自重	短期荷重
② 暴風時 (負圧)	負の風荷重 - 自重	短期荷重
③ 積雪時	積雪荷重 + 自重	長期荷重
④ 積雪時 + 暴風時 (正圧)	正の風荷重 + 自重 + 積雪荷重 × 0.35	短期荷重

* 風と積雪との同時作用については、それぞれの荷重の時期が夏季と冬期とに分かれることから、施行令 82 条にならうこととしました。

なお、表中③において施行令 82 条では短期荷重扱いですが、ガラスの強度特性を考慮し長期荷重にしています。また、表中④において係数 0.35 は積雪と強風が同時に作用する場合に積雪の低減 (施行令 82 条と同じ) を考慮したものです。

資料1 基準風速 (V₀)

* 基準風速は建設省告示第1454号(平成12年6月1日施行)による数値です。

地域	都道府県	市区町村	V ₀ (m/s)
北海道	北海道	札幌市、小樽市、網走市、留萌市、稚内市、江別市、紋別市、名寄市、千歳市、恵庭市、北広島市、石狩市、石狩郡、厚田郡、浜益郡、南幌町、由仁町、長沼町、風連町、下川町、美深町、音威子府村、中川町、増毛郡、留萌郡、苫前郡、天塩郡、宗谷郡、枝幸郡、礼文郡、利尻郡、東藻琴村、女満別町、美幌町、清里町、小清水町、端野町、佐呂間町、常呂町、上湧別町、湧別町、興部町、西興部村、雄武町、追分町、穂別町、平取町、新冠郡、静内郡、三石郡、浦河郡、様似郡、幌泉郡、厚岸町、川上郡	32
		函館市、室蘭市、苫小牧市、根室市、登別市、伊達市、松前郡、上磯郡、亀田郡、茅部郡、斜里町、虻田郡、共和町、積丹郡、古平郡、余市郡、有珠郡、白老郡、早来町、厚真町、鶴川町、門別町、浜中町、野付郡、標津郡、目梨郡	34
		山越郡、桧山郡、爾志郡、久遠郡、奥尻郡、瀬棚郡、島牧郡、寿都郡、岩内町、磯谷郡、古宇郡	36
		上記以外の北海道地域	30
東北	青森	全域	34
	岩手	久慈市、葛巻町、田野畑村、普代村、野田村、山形村、二戸郡	32
		二戸市、軽米町、種市町、大野村、九戸村	34
		その他の地域	30
	宮城	全域	30
	秋田	秋田市、大館市、本荘市、鹿角市、鹿角郡、鷹巣町、比内町、合川町、上小阿仁村、五城目町、昭和町、八郎潟町、飯田川町、天王町、井川町、仁賀保町、金浦町、象潟町、岩城町、西目町、能代市、男鹿市、田代町、山本郡、若美町、大潟村	32
		その他の地域	34
		その他の地域	30
山形	鶴岡市、酒田市、西田川郡、遊佐町	32	
その他の地域	30		
福島	全域	30	
関東	茨城	水戸市、下妻市、ひたちなか市、内原町、友部町、岩間町、八郷町、明野町、真壁町、結城郡、五霞町、猿島町、境町	32
		土浦市、石岡市、龍ヶ崎市、水海道市、取手市、岩井市、牛久市、つくば市、茨木町、小川町、美野里町、大洗町、旭村、鉾田町、大洋村、麻生町、北浦町、玉造町、稲敷郡、霞ヶ浦町、玉里村、千代田町、新治村、筑波郡、北相馬郡	34
		鹿嶋市、神栖町、波崎町、牛堀町、潮来町	36
		その他の地域	30
	栃木	全域	30
	群馬	全域	30
	埼玉	川越市、大宮市、所沢市、狭山市、上尾市、与野市、入間市、桶川市、久喜市、富士見市、上福岡市、蓮田市、幸手市、伊奈町、大井町、三芳町、南埼玉郡、栗橋町、鶯宮町、杉戸町、川口市、浦和市、岩槻市、春日部市、草加市、越谷市、蕨市、戸田市、鳩ヶ谷市、朝霞市、志木市、和光市、新座市、八潮市、三郷市、吉川市、松伏町、庄和村	32
		その他の地域	34
		その他の地域	30
	千葉	市川市、船橋市、松戸市、野田市、柏市、流山市、八千代市、我孫子市、鎌ヶ谷市、浦安市、印西市、東葛飾郡、白井町	34
		千葉市、佐原市、成田市、佐倉市、習志野市、四街道市、八街市、酒々井町、富里町、印旛村、本埜村、栄町、香取郡、山武町、芝山町	36
		銚子市、館山市、木更津市、茂原市、東金市、八日市場市、旭市、勝浦市、市原市、鴨川市、君津市、富津市、袖ヶ浦市、海上郡、匝瑳郡、大網白里町、九十九里町、成東町、蓮沼村、松尾町、横芝町、長生郡、夷隅郡、安房郡	38
	東京	八王子市、立川市、昭島市、日野市、東村山市、福生市、東大和市、武蔵村山市、羽村市、あきる野市、瑞穂町	32
		23区、武蔵野市、三鷹市、府中市、調布市、町田市、小金井市、小平市、国分寺市、国立市、田無市、保谷市、狛江市、清瀬市、東久留米市、多摩市、稲城市	34
		大島町、利島村、新島村、神津島村、三宅島三宅村、御蔵島村	38
		八丈町、青ヶ島村、小笠原村	42
		上記以外の東京地域	30
	神奈川	山北町、津久井町、相模湖町、藤野町	32
		横浜市、川崎市、平塚市、鎌倉市、藤沢市、小田原市、茅ヶ崎市、相模原市、秦野市、厚木市、大和市、伊勢原市、海老名市、座間市、南足柄市、綾瀬市、高座郡、中郡、中井町、大井町、松田町、開成町、足柄下郡、愛甲郡、城山町	34
		横須賀市、逗子市、三浦市、三浦郡	36

地域	都道府県	市区町村	V _a (m/s)
甲信越	山梨	富士吉田市、南部町、富沢町、秋山村、道志村、忍野村、山中湖村、鳴沢村	32
		その他の地域	30
	長野	全域	30
	新潟	両津市、佐渡郡、山北町、粟島浦村	32
		その他の地域	30
北陸	富山	全域	30
	石川	全域	30
	福井	敦賀市、小浜市、三方郡、遠敷郡、大飯郡	32
		その他の地域	30
中部	岐阜	多治見市、関市、美濃市、美濃加茂市、各務原市、可児市、藤橋村、坂内村、根尾村、山県郡、洞戸村、武芸川町、坂祝町、富加町	32
		岐阜市、大垣市、羽島市、羽島郡、海津郡、養老郡、不破郡、安八郡、揖斐川町、谷汲村、大野町、池田町、春日村、久瀬村、北方町、本巣町、穂積町、巣南町、真正町、糸賀町	34
		その他の地域	30
	静岡	静岡市、浜松市、清水市、富士宮市、島田市、磐田市、焼津市、掛川市、藤枝市、袋井市、湖西市、富士郡、庵原郡、志太郡、御前崎町、相良町、榛原町、吉田町、金谷町、小笠郡、浅羽町、裾田町、竜洋町、豊田町、浜名郡、細江町、三ヶ日町	32
		沼津市、熱海市、三島市、富士市、御殿場市、裾野市、松崎町、西伊豆町、賀茂村、田方郡、駿東郡	34
		伊東市、下田市、東伊豆町、河津町、南伊豆町	36
		その他の地域	30
	愛知	豊橋市、瀬戸市、春日井市、豊川市、豊田市、小牧市、犬山市、尾張旭市、日進市、愛知郡、丹羽郡、額田町、宝飯郡、三好町	32
		名古屋市、岡崎市、一宮市、半田市、津島市、碧南市、刈谷市、安城市、西尾市、蒲郡市、常滑市、江南市、尾西市、稲沢市、東海市、大府市、知多市、知立市、高浜市、岩倉市、豊明市、西春日井郡、葉栗郡、中島郡、海部郡、知多郡、幡豆郡、幸田町、渥美郡	34
		その他の地域	30
	三重	全域	34
関西	滋賀	大津市、草津市、守山市、滋賀郡、栗太郡、伊香郡、高島郡	32
		彦根市、長浜市、近江八幡市、八日市市、野州郡、甲賀郡、蒲生郡、神崎郡、愛知郡、大上郡、坂田郡、東浅井郡	34
	京都	全域	32
	大阪	高槻市、枚方市、八尾市、寝屋川市、大東市、柏原市、東大阪市、四条畷市、交野市、三島郡、太子町、河南町、千早赤阪村	32
		大阪市、堺市、岸和田市、豊中市、池田市、吹田市、泉大津市、貝塚市、守口市、茨木市、泉佐野市、富田林市、河内長野市、松原市、和泉市、箕面市、羽曳野市、門真市、摂津市、高石市、藤井寺市、泉南市、大阪狭山市、阪南市、豊能郡、泉北郡、泉南郡、美原町	34
	兵庫	姫路市、相生市、豊岡市、竜野市、赤穂市、西脇市、加西市、篠山市、多可郡、飾磨郡、神崎郡、揖保郡、赤穂郡、宍粟郡、城崎郡、出石郡、美方郡、養父郡、朝来郡、氷上郡、神戸市、尼崎市、明石市、西宮市、洲本市、芦屋市、伊丹市、加古川市、宝塚市、三木市、高砂市、川西市、小野市、三田市、川辺郡、美嚢郡、加東郡、加古郡、津名郡、三原郡	32
		その他の地域	34
			30
	奈良	奈良市、大和高田市、大和郡山市、天理市、橿原市、桜井市、御所市、生駒市、香芝市、添上郡、山辺郡、生駒郡、磯城郡、大宇陀町、菟田野町、榛原町、室生町、高市郡、北葛城郡	32
	和歌山	五条市、吉野郡、曾爾村、御杖村	34
四国	徳島	三野町、三好町、池田町、山城町	34
		徳島市、鳴門市、小松島市、阿南市、勝浦郡、名東郡、名西郡、那珂川町、羽ノ浦町、板野郡、阿波郡、麻植郡、美馬郡、井川町、三加茂町、東祖谷山村、西祖谷山村	36
		鷺敷町、相生町、上那賀町、木沢村、木頭村、海部郡	38
	香川	全域	34
	愛媛	全域	34
	高知	大川村、本川村、池川村	34
		宿毛市、長岡郡、鏡村、土佐山村、土佐町、伊野町、吾川村、吾北村、佐川町、越知町、檜原町、大野見村、東津野村、葉山村、仁淀村、日高村、大正町、大月町、十和村、西土佐村、三原村	36
		高知市、安芸市、南国市、土佐市、須崎市、中村市、土佐清水市、馬路村、芸西村、香美郡、春野町、中土佐町、窪川町、佐賀町、大方長	38
		室戸市、東洋町、奈半利町、田野町、安田町、北川村	40

地域	都道府県	市区町村	V ₀ (m/s)
中国	鳥取	鳥取市、岩美郡、郡家町、船岡町、八東町、若桜町	32
		その他の地域	30
	島根	益田市、匹見町、日原町、隠岐郡	32
		津和野町、柿木村、六日市町	34
		その他の地域	30
	岡山	岡山市、倉敷市、玉野市、笠岡市、備前市、日生町、邑久郡、児島郡、都窪郡、浅口郡	32
		その他の地域	30
九州	広島	広島市、竹原市、三原市、尾道市、福山市、東広島市、府中町、湯来町、吉和村、筒賀村、河内町、本郷町、向島町、沼隈郡	32
		呉市、因島市、大竹市、廿日市市、海田町、熊野町、坂町、江田島町、音戸町、倉橋町、下蒲刈町、蒲刈町、大野町、佐伯町、宮島町、能美町、沖美町、大柿町、黒瀬町、安芸津町、安浦町、川尻町、豊浜町、豊町、大崎町、東野町、木江町、瀬戸田町	34
		その他の地域	30
		山口	34
九州 沖縄	福岡	山田市、甘木市、八女市、豊前市、小郡市、桂川町、稲築町、碓井町、嘉穂町、朝倉郡、浮羽郡、三井郡、八女郡、添田町、川崎町、大任町、赤村、犀川町、築上郡	32
		北九州市、福岡市、大牟田市、久留米市、直方市、飯塚市、田川市、柳川市、筑後市、大川市、行橋市、中間市、筑紫野市、春日市、大野城市、宗像市、太宰府市、前原市、古賀市、筑紫郡、糟屋郡、宗像郡、遠賀郡、鞍手郡、築穂町、穂波町、庄内町、瀬田町、糸島郡、三潁郡、山門郡、三池郡、香春町、金田町、糸田町、赤池町、方城町、苅田町、勝山町、豊津町	34
	佐賀	全域	34
	長崎	長崎市、佐世保市、島原市、諫早市、大村市、平戸市、松浦市、西彼杵郡、東彼杵郡、北高来郡、南高来郡、北松浦郡、若松町、上五島町、新島目町、有川町、奈良尾町、壱岐郡、下県郡、上県郡	34
		福江市、富江町、玉之浦町、三井楽町、岐宿町、奈留町	36
	熊本	山鹿市、菊池市、菊水町、三加和町、南関町、鹿本郡、菊池郡、一の宮町、阿蘇町、産山村、波野村、蘇陽町、高森町、白水村、久木野村、長陽村、西原村	32
		熊本市、八代市、人吉市、荒尾市、水俣市、玉名市、本渡市、牛深市、宇土市、宇土郡、下益城郡、岱明町、横島町、天水町、玉東町、長洲町、上益城郡、八代郡、葦北郡、球磨郡、天草郡	34
	大分	大分市、別府市、中津市、日田市、佐伯市、臼杵市、津久見市、竹田市、豊後高田市、杵築市、宇佐市、西国東郡、東国東郡、速見郡、野津原町、狭間町、庄内町、北海部郡、南海部郡、大野郡、直入町、下毛郡、宇佐郡	32
		その他の地域	30
	宮崎	高千穂町、日之影町、北川町	32
		延岡市、日向市、西都市、須木村、児湯郡、門川町、東郷町、南郷村、西郷村、北郷村、北方町、北浦町、諸塚村、椎葉村、五ヶ瀬町	34
		宮崎市、都城市、日南市、小林市、串間市、えびの市、宮崎郡、南那珂郡、北諸県郡、高原町、野尻町、東諸県郡	36
	鹿児島	川内市、阿久根市、出水市、大口市、国分市、吉田町、樋脇町、入来町、東郷町、宮之城町、鶴田町、薩摩町、祁答院町、出水郡、伊佐郡、姶良郡、曾於郡	36
		鹿児島市、鹿屋市、串木野市、垂水市、桜島町、串良町、東串良町、高山町、吾平町、内之浦町、大根占町、市来町、東市来町、伊集院町、松元町、郡山町、日吉町、吹上町	38
		枕崎市、指宿市、加世田市、西之表市、揖宿郡、川辺郡、金峰町、里村、上飯村、下飯村、鹿島村、根占町、田代町、佐多町	40
		中種子町、南種子長	42
		上屋久町、屋久町、三島村	44
		名瀬市、十島村、大島郡	46
		沖縄	46

資料2 積雪計算のために区域に応じて定められた数値

*建設省告示第1455号（平成12年6月1日施行）別表による数値です。

	区 域	α	β	γ	R
(1)	北海道のうち 稚内市 天塩郡のうち天塩町、幌延町及び豊富町 宗谷郡 枝幸郡の うち浜頓別町及び中頓別町 礼文郡 利尻郡	0.0957	2.84	-0.80	40
(2)	北海道のうち 中川郡のうち美深町、音威子府村及び中川町 苫前郡のうち羽幌町及 び初山別村 天塩郡のうち遠別町 枝幸郡のうち枝幸町及び歌登町	0.0194	-0.56	2.18	20
(3)	北海道のうち 旭川市 夕張市 芦別市 士別市 名寄市 千歳市 富良野市 虻 田郡のうち真狩村及び留寿都村 夕張郡のうち由仁町及び栗山町 上川郡のうち鷹栖町、東神楽町、当麻町、比布町、愛別町、上川町、 東川町、美瑛町、和寒町、剣淵町、朝日町、風連町、下川町及び新得 町 空知郡のうち上富良野町、中富良野町及び南富良野町、勇払郡の うち占冠村、追分町及び穂別町 沙流郡のうち日高町及び平取町 有 珠郡のうち大滝村	0.0027	8.51	1.2	20
(4)	北海道のうち 札幌市 小樽市 岩見沢市 留萌市 美瑛市 江別市 赤平市 三 笠市 滝川市 砂川市 歌志内市 深川市 恵庭市 北広島市 石 狩市 石狩郡 厚田郡 浜益郡 虻田郡のうち喜茂別町、京極町及び 倶知安町 岩内郡のうち共和町 古宇郡 積丹町 古平郡 余市郡 空知郡のうち北村、栗沢町、南幌町、奈井江町及び上砂川町 夕張郡 のうち長沼町 樺戸郡 雨竜郡 増毛郡 留萌郡 苫前郡のうち苫 前町	0.0095	0.37	1.4	40
(5)	北海道のうち 松前郡 上磯郡のうち知内町及び木古内町 桧山郡 爾志郡 久遠 郡 奥尻郡 瀬棚郡 島牧郡 寿都郡 磯谷郡 虻田郡のうちニセ コ町 岩内郡のうち岩内町	-0.0041	-1.92	2.34	20
(6)	北海道のうち 紋別市 常呂郡のうち佐呂間町 紋別郡のうち遠軽町、上勇別町、湧 別町、滝上町、興部町、西興部村及び雄武町	-0.0071	-3.42	2.98	40
(7)	北海道のうち 釧路市 根室市 釧路郡 厚岸郡 川上郡のうち標茶町 阿寒郡 白糠郡のうち白糠町 野付郡 標津郡	0.0100	-1.05	1.37	20
(8)	北海道のうち 帯広市 河東郡のうち音更町、士幌町及び鹿追町 上川郡のうち清水 町 河西郡 広尾郡 中川郡のうち幕別町、池田町及び豊頃町 十勝 郡 白糠郡のうち音別町	0.0108	0.95	1.08	20
(9)	北海道のうち 函館市 室蘭市 苫小牧市 登別市 伊達市 上磯郡のうち上磯町 亀田郡 茅部郡 山越郡 虻田郡のうち豊浦町、虻田町及び洞爺村 有珠郡のうち壮瞥町 白老郡 勇払郡のうち早来町、厚真町及び鶴川 町 沙流郡のうち門別町 新冠郡 静内郡 三石郡 浦河郡 様似 郡 幌泉郡	0.0009	-0.94	1.23	20
(10)	北海道（(1)から(9)までに掲げる区域を除く）	0.0019	0.15	0.80	20
(11)	青森県のうち 青森市 むつ市 東津軽郡のうち平内町、蟹田町、今別町、蓬田村及 び平館村 上北郡のうち横浜町 下北郡	0.0005	-1.05	1.97	20
(12)	青森県のうち 弘前市 黒石市 五所川原市 東津軽郡のうち三厩村 西津軽郡の うち鯉ヶ沢町、木造町、深浦町、森田村、柏村、稲垣村及び車力村 中 津軽郡のうち岩木町 南津軽郡のうち藤崎町、尾上町、波岡町、常盤 村及び田舎館村 北津軽郡	-0.0285	1.17	2.19	20
(13)	青森県のうち 八戸市 十和田市 三沢市 上北郡のうち野辺地町、七戸町、百石町、 十和田湖町、六戸町、上北町、東北町、天間林村、下田町及び六ヶ所 村 三戸郡	0.014	0.55	0.33	40

	区 域	α	β	γ	R
(14)	青森県 ((11)から(13)までに掲げる区域を除く) 秋田県のうち 能代市 大館市 鹿角市 鹿角郡 北秋田郡 山本郡のうち二ツ井町、八森町、藤里町及び峰浜村	0.0047	0.58	1.01	40
(15)	秋田県のうち 秋田市 本庄市 男鹿市 山本郡のうち琴丘町、山本町及び八竜町 南秋田郡 河辺郡のうち雄和町 由利郡のうち仁賀保町、金浦町、象潟町、岩城町、由利町、西目町及び大内町 山形県のうち 鶴岡市 酒田市 東田川郡 西田川郡 泡海郡	0.0308	-1.88	1.58	20
(16)	岩手県のうち 和賀郡のうち湯田町及び沢内村 秋田県 ((14)及び(15)に掲げる区域を除く) 山形県のうち 新庄市 村山市 尾花沢市 西村山郡のうち西川町、朝日町及び大江町 北村山郡 最上郡	0.0050	1.01	1.67	40
(17)	岩手県のうち 宮古市 久慈市 釜石市 気仙郡のうち三陸町 上閉伊郡のうち大槌町 下閉伊郡のうち田老町、山田町、田野畑村及び譜代村 九戸郡のうち種市町および野田村	-0.0130	5.24	-0.77	20
(18)	岩手県のうち 大船渡市 遠野市 陸前高田市 岩手郡のうち葛巻町 気仙郡のうち住田町 下閉伊郡のうち岩泉町、新里村及び川井村 九戸郡のうち軽米町、山形村、大野村及び九戸村 宮城県のうち 石巻市 気仙沼市 桃生郡のうち河北町、雄勝町及び北上町 牡鹿郡 本吉郡	0.0037	1.04	-0.10	40
(19)	岩手県 ((16)から(18)までに掲げる区域を除く) 宮城県のうち 古川市 加美郡 玉造郡 遠田郡 栗原郡 登米郡 桃生郡のうち桃生町	0.0020	0.00	0.59	0
(20)	宮城県 ((18)及び(19)に掲げる区域を除く) 福島県のうち 福島市 郡山市 いわき市 白河市 原町市 須賀川市 相馬市 二本松市 伊達郡 安達郡 岩瀬郡 西白河郡 東白川郡 石川郡 田村郡 双葉郡 相馬郡 茨城県のうち 日立市 常陸太田市 高萩市 北茨城市 東茨城郡のうち御前山村 那珂郡のうち大宮町、山方町、美和村及び緒川村 久慈郡 多賀郡	0.0019	0.15	0.17	40
(21)	山形県のうち 山形市 米沢市 寒河江市 上山市 長井市 天童市 東根市 南陽市 東村山郡 西村山郡のうち河北町 東置賜郡 西置賜郡のうち白鷹町	0.0099	0.00	-0.37	0
(22)	山形県 ((15)、(16)及び(21)に掲げる区域を除く) 福島県のうち 南会津郡のうち只見町 耶麻郡のうち熱塩加納村、山都町、西会津町及び高郷村 大沼郡のうち三島町及び金山町 新潟県のうち 東蒲原郡のうち津川町、鹿瀬町及び上川村	0.0028	-4.77	2.52	20
(23)	福島県 ((20)及び(22)に掲げる区域を除く)	0.0026	23.00	0.34	40
(24)	茨城県 ((20)に掲げる区域を除く) 栃木県 群馬県 ((25)及び(26)に掲げる地域を除く) 埼玉県 千葉県 東京都 神奈川県 静岡県 愛知県	0.0005	-0.06	0.28	40

	区 域	α	β	γ	R
(24)	岐阜県のうち 多治見市 関市 中津川市 瑞浪市 羽島市 恵那市 美濃加茂市 土岐市 各務原市 可児市 羽島郡 海津郡 安八郡のうち輪之内 町、安八町及び墨俣町 加茂郡のうち坂祝町、富加町、川辺町、七宗 町及び八百津町 可児郡 土岐郡 恵那郡のうち岩村町、山岡町、明 智町、串原村及び上矢作町	0.0005	-0.06	0.28	40
(25)	群馬県のうち 利根郡のうち水上町 長野県のうち 大町市 飯山市 北安曇郡のうち美麻村、白馬村及び小谷村 下高井 郡のうち木島平村及び野沢温泉村 上水内郡のうち豊野町、信濃町、 牟礼村、三水村、戸隠村、鬼無里村、小川村及び中条村 下水内郡 岐阜県のうち 岐阜市 大垣市 美濃市 養老郡 不破郡 安八郡のうち神戸町 揖斐郡 本巣郡 山県郡 武儀郡のうち洞戸村、板取村及び武芸川町 郡上郡 大野郡のうち清見村、荘川村及び宮村 吉城郡 滋賀県のうち 大津市 彦根市 長浜市 近江八幡市 八日市市 草津市 守山市 滋賀郡 栗太郡 野州郡 蒲生郡のうち安土町及び竜王町 神埼郡 のうち五箇荘町及び能登川町 愛知郡 犬上郡 坂田郡 東浅井郡 伊香郡 高島郡 京都府のうち 福知山市 綾部市 北桑田郡のうち美山町 船井郡のうち和知町 天田郡のうち夜久野町 加佐郡 兵庫県のうち 朝来郡のうち和田山町及び山東町	0.0052	2.97	0.29	40
(26)	群馬県のうち 沼田市 吾妻郡のうち中之条町、草津町、六合村及び高山村 利根郡 のうち白沢村、利根村、片品村、川場村、月夜野町、新治村及び昭和 村 長野県のうち 長野市 中野市 更埴市 木曾郡 東筑摩郡 南安曇郡 北安曇郡 のうち池田町、松川村及び八坂村 更級郡 埴科郡 上高井郡 下高 井郡のうち山ノ内町 上水内郡のうち信州新町 岐阜県のうち 高山市 武儀郡のうち武儀町及び上之保村 加茂郡のうち白川町及 び東白川村 恵那郡のうち坂下町、川上村、加子母村、付知町、福岡 町及び蛭川村 益田村 大野郡のうち丹生川村、久々野町、朝日村及 び高根村	0.0019	0.00	-0.16	0
(27)	山梨県 長野県 ((25)及び(26)に掲げる区域を除く)	0.0005	6.26	0.12	40
(28)	岐阜県 ((24)から(26)までに掲げる区域を除く) 新潟県のうち 糸魚川市 西頸城郡のうち能生町及び青海町 富山県 福井県 石川県	0.0035	-2.33	2.72	40
(29)	新潟県のうち 三条市 新発田市 小千谷市 加茂市 十日町市 見附市 栃尾市 五泉市 北蒲原郡のうち安田町、笹神村、豊浦町及び黒川村 中蒲原 郡のうち村松町 南蒲原郡のうち田上町、下田村及び栄町 東蒲原郡 のうち三川村 古志郡 北魚沼郡 南魚沼郡 中魚沼郡 岩船郡の うち関川村	0.0100	-1.20	2.28	40
(30)	新潟県 ((22)、(28)及び(29)に掲げる区域を除く)	0.0052	-3.22	2.65	20
(31)	京都府のうち 舞鶴市 宮津市 与謝郡 中郡 竹野郡 熊野郡 兵庫県のうち 豊岡市 城崎郡 出石郡 美方郡 養父郡	0.0076	1.51	0.62	40

	区 域	α	β	γ	R
(32)	三重県 大阪府 奈良県 和歌山県 滋賀県 ((25)に掲げる区域を除く) 京都府 ((25)及び(31)に掲げる区域を除く) 兵庫県 ((25)及び(31)に掲げる区域を除く)	0.0009	0.00	0.21	0
(33)	鳥取県 島根県 岡山県のうち 阿哲郡のうち大佐町、神郷町及び哲西町 真庭郡 苫田郡 広島県のうち 三次市 庄原市 佐伯郡のうち吉和村 山県郡 高田郡 双三 郡のうち君田村、布野村、作木村及び三良坂町 比婆郡 山口県のうち 萩市 長門市 豊浦郡のうち豊北町 美祢郡 大津郡 阿武郡	0.0036	0.69	0.26	40
(34)	岡山県 ((33)に掲げる区域を除く) 広島県 ((33)に掲げる区域を除く) 山口県 ((33)に掲げる区域を除く)	0.0004	-0.21	0.33	40
(35)	徳島県 香川県 愛媛県のうち 今治市 新居浜市 西条市 川之江市 伊予三島市 東予市 宇摩郡 周桑郡 越智郡 上浮穴郡のうち面河村	0.0011	-0.42	0.41	20
(36)	高知県 ((37)に掲げる区域を除く)	0.0004	-0.65	0.28	40
(37)	愛媛県 ((35)に掲げる区域を除く) 高知県のうち 中村市 宿毛市 土佐清水市 吾川郡のうち吾川村 高岡郡の うち中土佐町、窪川町、檮原町、大野見村、東津野村、葉山村及 び仁淀村 幡多郡	0.0014	-0.69	0.49	20
(38)	福岡県 佐賀県 長崎県 熊本県 大分県のうち 中津市 日田市 豊後高田市 宇佐市 西国東郡のうち真玉町 及び香々地町 日田郡 下毛町	0.0006	-0.09	0.21	20
(39)	大分県 ((38)に掲げる区域を除く) 宮崎県	0.0003	-0.05	0.01	20
(40)	鹿児島県	-0.0001	-0.32	0.46	20

第2章 特殊条件下における板ガラスの強度計算法

通常の垂直面帳壁における4辺単純支持のガラス窓の耐風圧強度計算は告示1458号の計算方法にて行いますが、トップライト、水槽、SSG構法、棚板等の特殊な使い方では2辺支持・3辺支持等の支持条件、積雪や水槽などの荷重条件等の告示には示されていない場合では、荷重作用の仕方が告示と異なり、告示に示された計算方法ではこれら特殊な使い方に対応していません。このような場合には、それぞれの条件に対応した応力計算を行い、ガラスの発生応力と許容応力から安全性を確認します。

1 ガラスの許容応力

静的荷重条件下の板ガラスの許容応力は表2.1.1になります。

* 静的荷重とは、衝撃強度で表される以外の荷重を言います。

表 2.1.1 許容応力

単位：N/mm²またはMPa、{ } 内 kgf/cm²

ガラス品種	呼び厚さ	短期許容応力		長期許容応力		平均破壊応力	
		面内	エッジ	面内	エッジ	面内	エッジ
フロート板ガラス 熱線吸収板ガラス 熱線反射ガラス	8mm 以下	24.5(250)	17.7(180)	9.8(100)	6.9(70)	54.9(560)	35.3(360)
	8mm を超え 12mm 以下	22.1(225)	17.7(180)	8.8(90)	6.9(70)	51.5(520)	35.3(360)
	12mm を超え 20mm 以下	19.6(200)	17.7(180)	7.8(80)	6.9(70)	48.1(490)	35.3(360)
	20mm を超えるもの	18.6(190)	17.7(180)	7.4(75)	6.9(70)	46.6(475)	35.3(360)
網入・線入磨き板ガラス		19.6(200)	9.8(100)	7.8(80)	3.9(40)	36.8(375)	19.6(200)
網入・線入型板ガラス		14.7(150)	9.8(100)	5.9(60)	3.9(40)	29.4(300)	19.6(200)
強化ガラス		88.3(900)	79.4(810)	73.5(750)	68.6(700)	142.2(1450)	131.4(1340)
倍強度ガラス		44.1(450)	35.3(360)	29.4(300)	24.5(250)	78.5(800)	70.6(720)

(注) 強化ガラスは水平強化炉で強化された製品の数値です。強化方法が異なる場合には、強度が異なる場合があります。

平成12年6月施行の告示1458号における強度係数との整合性を考慮して、以下の点で変更しています。

- ① フロート板ガラス・熱線吸収板ガラス・熱線反射ガラスの呼び厚さ10mm、12mmの短期面内許容応力を22.1N/mm²（旧単位で225kgf/cm²）に変更。
- ② フロート板ガラス・熱線吸収板ガラス・熱線反射ガラスの実厚で20mmを超えるもの（呼び厚さ22mm、25mmに該当）の強度を新規に追加。面内許容応力は18.6N/mm²（旧単位で190kgf/cm²）。

2 単板ガラスの強度計算

ガラスの応力計算は有限要素法等による詳細な数値計算が最も適しています。また、従来から建築ガラスの業界では、チモシェンコによる微小変形における平板の解析結果を用いて計算を行っています。本基準においても、詳細な数値計算だけに限らず、上記の従来からの計算方法も採用します。

以下に代表例として従来の方法によって、矩形板四辺単純支持・等分布荷重の場合のガラスの強度計算方法を示します。なお、矩形板等における各種支持条件の計算式は巻末の資料3に示します。その他の条件の場合はガラスメーカー各社カタログ中の技術計算資料をご参照下さい。

$$\sigma_{max} = \beta \cdot \frac{W \cdot a^2}{t^2} \quad (2.2.1)$$

σ_{max} : 4辺単純支持・矩形板の最大発生応力[面内中央] (単位 N/mm² または MPa)

β : 矩形の辺長比[長辺/短辺]による係数 (表 2.2.1 参照)

W : 等分布荷重 (単位 N/mm² または MPa)

a : 矩形の短辺長さ (単位 mm)

t : 板ガラスの厚さ (単位 mm)

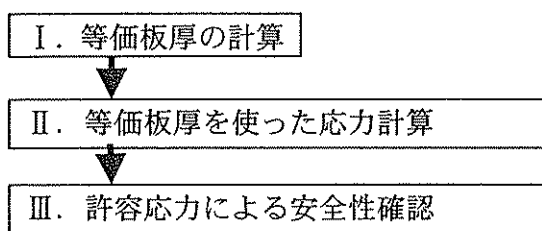
表 2.2.1 係数 β の値(4 辺単純支持、等分布荷重の場合)

長辺/短辺	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	∞
β	0.272	0.362	0.441	0.507	0.560	0.603	0.673	0.711	0.740	0.748	0.750

3 合わせガラスの強度計算

合わせガラスは、強度的に等価な一枚の単板ガラス（等価板厚のガラスという）として強度計算を行います。合わせガラスの等価板厚を計算し、その等価板厚と同厚の単板ガラスの強度計算を行うこととなります。

計算手順は以下となります。



(1) 等価板厚計算

合わせガラスの等価板厚は、以下の式で求めます。

$$t_{eq} = 0.866T - 0.268 \quad (2.3.1)$$

t_{eq} : 等価板厚 (mm)

T : 合わせガラスを構成するそれぞれのガラスの呼び厚さの合計 (mm)

合わせガラスの強度計算は従来から重ね板の考え方により、構成するそれぞれのガラスの発生応力を計算してきました。しかし合わせガラスは、通常の使用条件では、中間膜の剛性により、合わせガラス総板厚と同厚の単板ガラスに近い強度を示すとの研究結果があり、平成 12 年の建築基準法改正において、中間膜の剛性効果を考慮した強度の考え方が採用され、強度計算式が改訂されました。

本基準での合わせガラスの計算は、告示との整合性を考え、この等価板厚による強度計算法を採用します。

(2) 適用範囲

i. 中間膜が PVB、あるいは PVB と等価なものであること。

ii. 極端に高い温度で使用されないこと。

適用範囲外の条件の場合は、従来からの重ね板の計算で強度検討をしてください。

合わせガラスの強度については、以下の点で単板のガラスとは違いがあります。

- ・ 中間膜は温度依存性があり、使用時の温度によっては合わせガラスの強度特性が変化します。高温時には重ね板の強度特性に近づき、低温時には合わせガラス総厚さと同厚の単板ガラスに近い強度特性を示します。
- ・ 板厚によって、中間膜の剛性効果が変化しガラス強度に影響します。この現象は、温度 50℃ 以上でかつ幅厚比（辺長／総板厚） $\approx 50 \sim 100$ で生じ、幅厚比が小さくなるに従い重ね板のガラスの強度に近づきます。
- ・ 温度と幅厚比の影響を総合しますと、PVB 中間膜の合わせガラスでは、温度 50℃ 以下では、等価板厚の強度が完全に適用でき、50℃ 以上かつ幅厚比 < 100 では、重ね板に近い強度となります。

よって、等価板厚計算が適用できない条件を温度 50℃ 以上でかつ幅厚比 100 未満とし、その場合にはより安全設計である従来の重ね板の考え方で計算することとします。

* 重ね板による計算方法：合わせガラスを構成するそれぞれのガラスに、その曲げ剛性の比率（板厚の 3 乗比）に従って荷重を分担させ、各ガラスの発生応力を求める計算方法です。2 枚のガラスをただ重ねただけであり、強度は同板厚の合せガラスより低くなります。合せガラスを重ね板の考え方で計算することは、より安全な計算をしていることとなります。

* 中間膜：中間膜の剛性による等価板厚は、PVB 膜において確認されていますが、他の方法による合わせガラスの強度特性は十分には確認されておらず、PVB 膜同等品（EVA 膜等）を除いては、現時点では適用外とします。

* 使用温度：通常の建物外装使用時におけるガラス温度は、大きな荷重のかかる積雪時には 0℃ 程度、設計風圧力が作用している強風時（台風時等）には日射が少ない状態にありガラス温度は高くなって 40℃ 程度であると考えられます。したがって、通常の積雪荷重や風圧荷重を検討する場合、等価板厚での強度検討には問題ありません。

(3) 合わせガラスの許容応力

ガラスの基本的な許容応力は、1 許容応力によります。

さらに、等価板厚のガラスとしての許容応力を、以下の 2 ケースで考えます。

表 2.3.1 等価板厚ガラスの許容応力

	ケース 1	ケース 2
ガラス構成	構成するガラスの少なくとも 1 枚に、強化ガラスまたは倍強度ガラス以外のフロート板ガラス等が用いられる場合	構成するそれぞれのガラスが倍強度ガラスまたは強化ガラスである場合
許容応力	①呼び厚さの合計板厚 T に対応したフロートガラスの許容応力 ②構成するそれぞれのガラスの許容応力 ①②で最も小さい許容応力	①構成するそれぞれのガラスの許容応力 ①で最も小さい許容応力

* フロート板ガラスの強度は表面の微小な傷に支配され、その微小傷はガラス重量の大なものほど大きく多いといわれ、事実板厚の大きいガラスほど強度が低くなります。これによりフロート板ガラス等を含む場合は合計板厚と同厚のフロート板ガラスと同じ強度を持つものとした。

* 倍強度ガラスや強化ガラスでは表面に導入された応力の割合が大きく、板厚増加による強度低下は、フロート板ガラス等のように明らかではなく、現時点では合計板厚による検討は行いません。

<等価板厚ガラスの許容応力例 1（強化、倍強度ガラスを含まない場合）>

4 辺支持の FL12+PVB+PW10 に長期荷重が作用する場合

- ・ 合計呼び厚さ 22mm から、面内の長期許容応力は 7.4 N/mm^2
- ・ FL12 から 面内の長期許容応力は 8.8 N/mm^2
- ・ PW10 から 面内の長期許容応力は 7.8 N/mm^2

最も小さな値をそのガラスの許容応力としますので、この合わせガラスの面内の長期許容応力は 7.4 N/mm^2 となります。

<等価板厚ガラスの許容応力例 2（強化ガラスと網入磨き板ガラスの場合）>

2 辺支持の PT10+PVB+PW10 に短期荷重が作用する場合

- ・ 合計呼び厚さ 20mm から、エッジの短期許容応力は 17.7 N/mm^2
- ・ PW10 から エッジの短期許容応力は 9.8 N/mm^2
- ・ PT10 から エッジの短期許容応力は 79.4 N/mm^2

最も小さな値をそのガラスの許容応力としますので、この合わせガラスのエッジの短期許容応力は 9.8 N/mm^2 となります。

<等価板厚ガラスの許容応力例 3（強化ガラスと倍強度ガラスの場合）>

4 辺支持の PT6+PVB+HS10 に短期荷重が作用する場合

- ・ PT6 から 面内の短期許容応力は 88.3 N/mm^2
- ・ HS10 から 面内の短期許容応力は 44.1 N/mm^2

最も小さな値をそのガラスの許容応力としますので、この合わせガラスの面内の短期許容応力は 44.1 N/mm^2 となります。

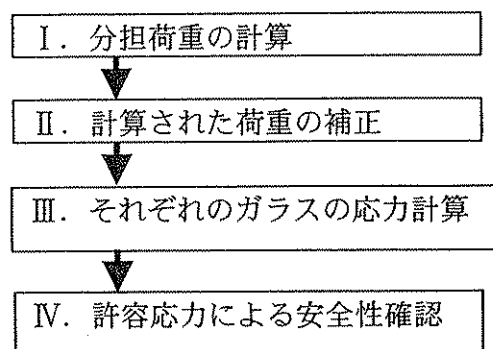
(4) ガラス発生応力の計算

発生応力は、2 単板ガラスの強度計算と同じく、有限要素法等による詳細な数値計算または従来からのチモシェンコによる微小変形を用いた計算方法により求めます。

4 複層ガラスの強度計算

複層ガラスを構成する各々の板ガラスが分担する荷重を算定し、その分担荷重に対するそれぞれの板ガラスについて、強度計算を行います。分担荷重を算定するときに複層ガラスの耐圧特性を考慮して、荷重の補正を行います。

計算手順は以下のとおりです。



(1) 複層ガラスの分担荷重算定の計算

$$P_1' = P \cdot t_1^3 / (t_1^3 + t_2^3) \quad (2.4.1)$$

$$P_2' = P \cdot t_2^3 / (t_1^3 + t_2^3) \quad (2.4.2)$$

t_1, t_2 : ガラス 1, ガラス 2 の板厚 (mm)

P : 重ね板に負荷される全荷重 [= $P_1' + P_2'$]

P_1', P_2' : ガラス 1, ガラス 2 に分担される荷重

2 枚の板ガラスを重ねた構成の重ね板が面外方向の荷重 P (例えば風圧、積雪等) を受けた場合、それぞれの板ガラスは同じ曲率でたわみます。同じ曲率のたわみを生じさせるため、負荷された荷重 P は各板ガラスの曲げ剛性 (板厚の 3 乗に比例) の比率に従って分担されます。複層ガラスにおいても、同じ考えで荷重が分担されます。

(2) 複層ガラスの分担荷重の補正

$$P_1 = P_1' / 0.75 \quad (2.4.3)$$

$$P_2 = P_2' / 0.75 \quad (2.4.4)$$

P_1, P_2 : 補正された板 1, 板 2 の分担荷重

複層ガラスは 2 枚の板ガラスで構成された重ね板ですが、ガラスとガラスの間に空気やその他のガスを封入しており、内封気体のバネ効果のため、直接に荷重を受ける側の板ガラス (負荷側ガラス) と直接には荷重を受けない側の板ガラス (非負荷側ガラス) では荷重を分担する割合 (分担率) が変化し、荷重分担率は板ガラスの曲げ剛性により計算される分担率より、増加 (減少) します。これを、荷重の負荷方向の違いによる分担荷重の変化と呼ぶことにします。

さらに複層ガラスにおいては、製造時と使用時とでは、使用高度や気候変化による大気圧や気温に差が生じて封入気体の圧力が変化し、それが分担荷重を増加または減少させるように働きます。これを製造時と使用時の環境の差異による分担荷重の変化と呼ぶ

ことにします。特に台風などの大気圧の低下が大きいときにこの現象が顕著となります。これらの分担荷重の変化は、荷重の負荷方向によるものが約 10%、台風等の気圧低下による負荷の増加は約 15%、総合して約 25%と見積もられます。よって、重ね板での分担荷重を $1/0.75$ 倍することで、負荷の増加分を補正します。

なお、荷重負荷方向の違いによる荷重分担の変化については、詳細に計算ができるように研究が進められています。

(3) 適用範囲

中空層が 1 層の複層ガラス、点支持を除く各種の支持条件、各種の荷重条件に適用できます。

複層ガラスに合わせガラスが使用される場合、合わせガラスは等価な板厚の 1 枚ガラスとして計算します。よって、**3**合わせガラスの適用範囲の制約を受けます。

(4) 発生応力の計算

荷重算定で求められた分担荷重に対する、それぞれの板ガラスの最大発生応力は、**2**単板ガラスの強度計算と同じく、有限要素法等による詳細な数値計算、または従来からの計算方法により、計算を行います。

(5) ガラスの許容応力

基本的なガラスの許容応力は、表 2.1.1 の許容応力によります。

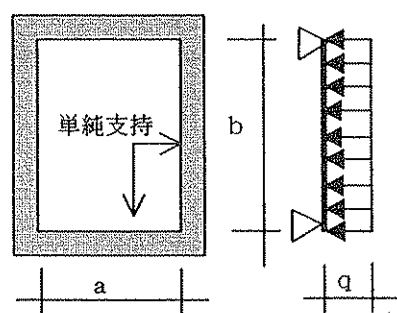
資料3 特殊支持における計算式

資料は、板硝子協会編「板ガラスの強度設計資料」(1991.3)より抜粋しています。

【1. 記号と単位】

記号	意味	単位(旧単位)
σ	応力(添え字 max: 最大, allow: 許容)	N/mm ² {kgf/cm ² }
ω	たわみ(添え字 max: 最大)	mm
t	ガラス板厚	mm
q	単位荷重	N/mm ² {kgf/cm ² }
E	弾性係数(7.16×10^4 { 7.3×10^5 })	N/mm ² {kgf/cm ² }
a	短辺またはフリー辺の長さ	mm
b	長辺または支持のある辺の長さ	mm

【2. 矩形板四辺単純支持、等分布荷重】



$$\omega_{max} = \alpha \cdot \frac{q \cdot a^4}{E \cdot t^3}$$

$$t = \sqrt{\beta \cdot \frac{q \cdot a^2}{\sigma_{allow}}}$$

$$\sigma_{max} = \beta \cdot \frac{q \cdot a^2}{t^2}$$

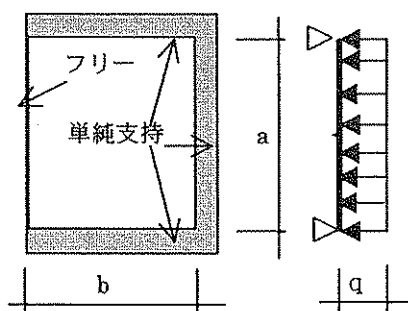
$$q = \frac{\sigma_{allow} \cdot t^2}{\beta \cdot a^2}$$

最大たわみ、最大応力ともガラス中央部(面内)に生じます。

矩形板四辺単純支持、等分布荷重の α 、 β 係数値

b/a	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	∞
α	0.046	0.064	0.081	0.094	0.106	0.115	0.131	0.139	0.146	0.147	0.148
β	0.272	0.362	0.441	0.507	0.560	0.603	0.673	0.711	0.740	0.748	0.750

【3. 矩形板三辺単純支持、等分布荷重】



$$\omega_{max} = \alpha \cdot \frac{q \cdot a^4}{E \cdot t^3}$$

$$t = \sqrt{\beta \cdot \frac{q \cdot a^2}{\sigma_{allow}}}$$

$$\sigma_{max} = \beta \cdot \frac{q \cdot a^2}{t^2}$$

$$q = \frac{\sigma_{allow} \cdot t^2}{\beta \cdot a^2}$$

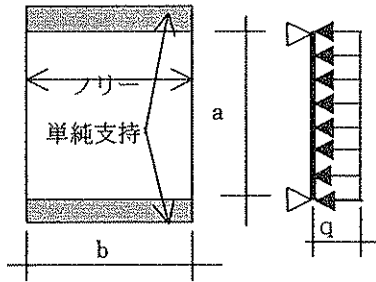
最大たわみ、最大応力ともフリー辺中央部に生じます。

矩形版三辺支持、等分布荷重の α 、 β 係数値

b/a	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	2.0	∞
α	0.005	0.035	0.075	0.108	0.130	0.138	0.149	0.156	0.160	0.163	0.165
β	0.019	0.157	0.350	0.511	0.621	0.660	0.713	0.750	0.767	0.784	0.791

(注) b/a によって異なる計算式を使用する方法もありますが、ここでは他の支持条件(四辺単純支持、二辺単純支持)と同じ計算式で計算できるタイプを採用しました。

【4. 矩形板二辺単純支持、等分布荷重】



$$\omega_{max} = \alpha \cdot \frac{q \cdot a^4}{E \cdot t^3}$$

$$t = \sqrt{\beta \cdot \frac{q \cdot a^2}{\sigma_{allow}}}$$

$$\sigma_{max} = \beta \cdot \frac{q \cdot a^2}{t^2}$$

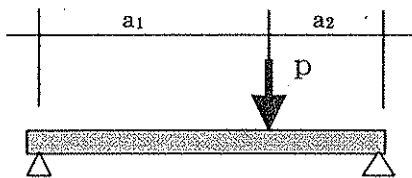
$$q = \frac{\sigma_{allow} \cdot t^2}{\beta \cdot a^2}$$

最大たわみ、最大応力ともフリー辺中央部に生じます。

矩形板二辺単純支持、等分布荷重の α 、 β 係数値

b/a	0.1	0.4	1.0	0.7	1.0	1.4	2.0	∞
α	0.156	0.159	0.163	0.161	0.163	0.164	0.165	0.165
β	0.750	0.760	0.781	0.773	0.781	0.787	0.790	0.791

【5. 二辺単純支持梁、集中荷重】



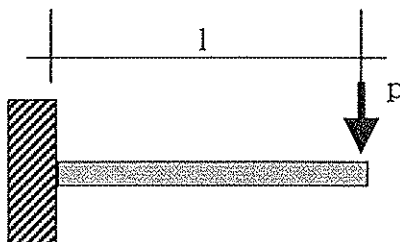
$$\omega_{max} = \frac{4 \cdot p \cdot a_2}{9 \cdot E \cdot b \cdot t^3 \cdot (a_1 + a_2)} \cdot \sqrt{3 \cdot (a_1^2 + 2 \cdot a_1 \cdot a_2)}^3$$

$$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot p}{(a_1 + a_2) \cdot b \cdot t^2}$$

ただし、 $a_1 \geq a_2$

b : ガラス幅

【6. 片持梁、集中荷重】



$$\omega_{max} = \frac{4 \cdot p \cdot l^3}{b \cdot t^3 \cdot E}$$

$$\sigma_{max} = \frac{6 \cdot p \cdot l}{b \cdot t^2}$$

ただし、 l : 支持点からガラス先端までの長さ(mm)

b : ガラス幅(mm)

参考文献

- ・ 「建築物荷重指針」 日本建築学会 1993
—— 風荷重関係
- ・ 旭硝子、日本板硝子、セントラル硝子各社カタログ
—— ガラスの許容応力、最大応力計算表
- ・ 建築基準法、施行令および告示（2000年改正）
—— ガラスの許容強度、強度係数、屋根面の風力係数
- ・ 平成12年度経済産業省委託調査研究「建築用ガラスの耐風圧設計及びセキュリティ試験方法の標準化に関する調査研究成果報告書」
—— ガラス強度
- ・ 板硝子協会推奨基準 「・ 帳壁に用いる板ガラスの風圧力計算法、・ 4 辺支持板ガラスの耐風圧強度計算法」 2001.4 板硝子協会
—— 風荷重関係
- ・ “Theory of Plate and Shell” Timoshenko
—— 板ガラスの発生応力計算
- ・ “The Effect of Interlayer Thickness on Laminated Glass Strength” H.Scott Norville, GLASS PROCESSING DAYS, 13-15 Sept.’97
—— 合わせガラスの合わせ膜効果（膜厚さと膜のせん断力）
- ・ “Structural Behavior of Architectural Laminated Glass” R.A.Behr, J.E.Minor, H.S.Norville 1993
—— 合わせガラスの温度挙動
- ・ 「破壊確率理論に基づく建築用合わせガラスの耐風圧性に関する研究」 村上他、日本建築学会構造系論文集 第537号,2000.11
—— 合わせガラスの強度と幅厚比、温度との関係
- ・ “PRESSURE RESPONSE INSIDE DOUBLE GLAZED WINDOWS”
T.Yamauchi, S.Kawabata, T.Mochizuki
J.of Wind Eng. & Industrial Aerodynamics 15(1983)3-13
—— 2重ガラス窓の内圧の応答（荷重分担率）
- ・ 「複層ガラスの風圧挙動に関する研究 その3」 動的風圧荷重に対する荷重分担率の調査」 加藤、笥爪 建築学会 2001 大会梗概集
—— 複層ガラスの荷重荷重分担率の動的応答