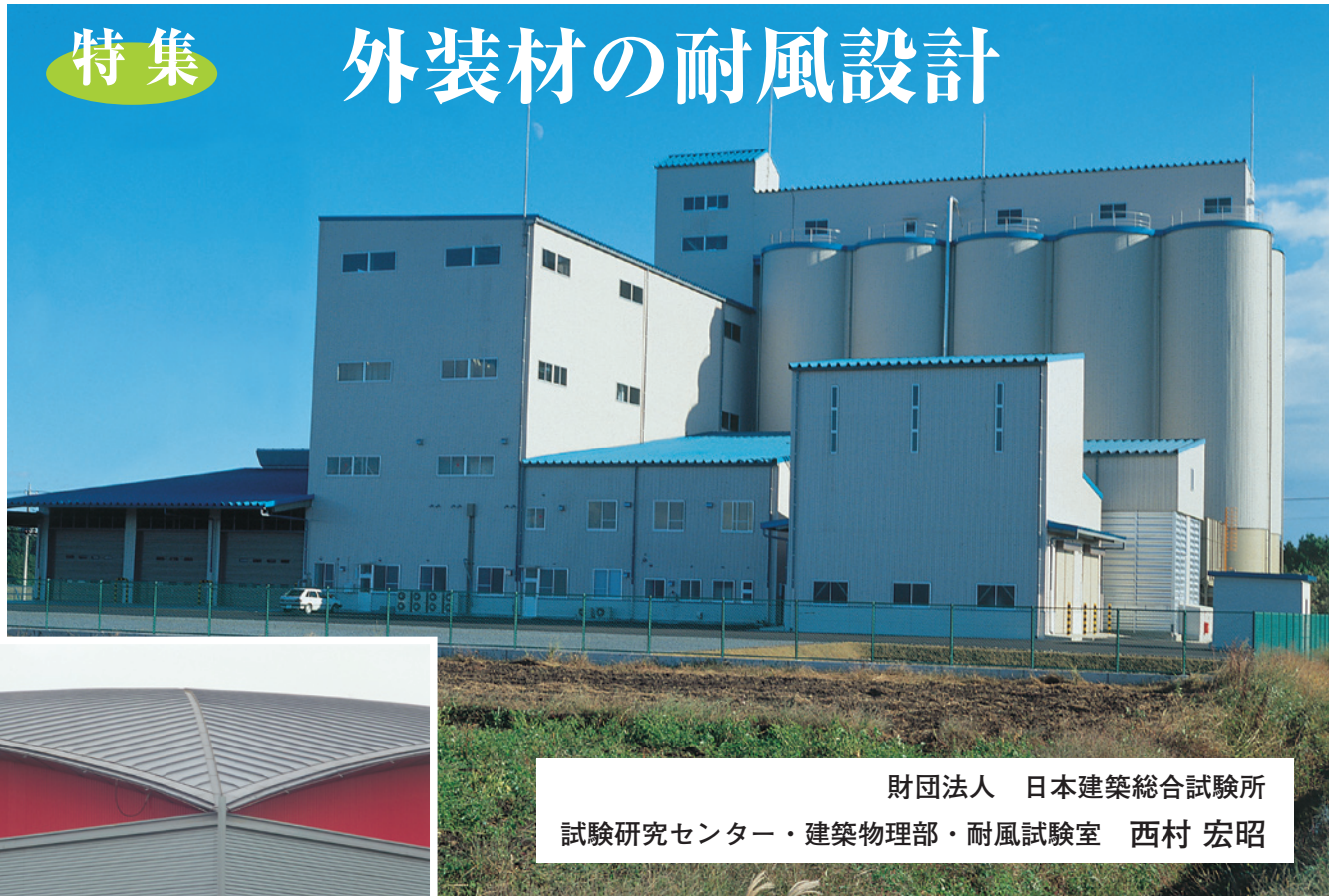


特集

# 外装材の耐風設計



財団法人 日本建築総合試験所  
試験研究センター・建築物理部・耐風試験室 西村 宏昭



## はじめに

近年の台風の強風によって建築物に多くの被害が発生したが、構造体への被害は少なく、ほとんどが外装材の被害であった。これらの被害で重要なポイントは設計風速に至らない風速の風で被害が発生したという事実である。つまり、これらの建築物における耐風設計と施工は適切ではなかったことを示している。不適切または不十分な耐風設計に起因する多数の強風被害は、設計風速レベルの強風時にさらに多くの被害が発生する危険性を示唆している。

本稿では、建築外装材、特に金属屋根に焦点を置いて、強風被害を最小限に食い止めるための耐風設計における留意点を解説する。

## 歴史の教訓

過去を忘れ易い民族と言われている日本人でも、1945年（昭和20年）はわが国に原爆が投下され終戦が決定された年として忘れることはできないし、忘れてはならない年である。もうひとつこの年に起きた出来事として、戦争で荒廃した国土を襲った枕崎台風による被害を忘れてはならない。上陸時の中心気圧916.3 hPaの記録は、この台風より約10年前の1934年（昭和9年）の室戸台風での記録911.6 hPaと並んで、間違いなく歴史上最強の巨大台風であった。

巨大台風 Super Typhoon はハリケーンの強さを表す Saffir-Simpson スケール（表1）のカテゴリー5の台風をいう。USAに上陸したカテゴリー5のハリケーンは観測史上2個しかない。1969年にミシシッピ州に上陸したハリケーン Camille と、1992年にフロリダ州に上陸したハリケーン Andrew である。室戸台

風と枕崎台風はこれらのハリケーンに匹敵する巨大台風で、現在より60～70年前のことである。図1は、1951年から2006年までに観測された日本に上陸した台風の上陸時の中心気圧を Saffir-Simpson スケールに当てはめて、上陸位置を図示したものである。室戸台風と枕崎台風は気象庁の公式の観測以前の記録であるが図中に示した。上陸台風は西日本、特に九州と四国地方の太平洋沿岸に多いことが分かる。カテゴリー4の台風は9個が上陸している。

台風や地震などの自然現象の規模は確定論的に決定できない。室戸台風や枕崎台風級の巨大台風が近い将来上陸するかもしれないし、上陸しないかもしれないし、上陸するとしてもそれはずっと先のこともかもしれないし、今年かもしれない。明確に言えることは、過去に発生した自然現象は将来においてもかなり高い確率で発生するであろうし、記録を超える出来事さえ発生し

得るということである。たかだか数十年前に、それも約 10 年の間隔で二度も発生した自然現象が今より数十年先までに発生しないとは誰も言えないであろう。むしろ、それは将来の数十年の間には発生する確率が高いというべきであろう。

防災(災害を完全に防ぐことは恐らくできないので、防災に当てられる英語 mitigation の本来の意味から減災という言葉を用いる専門家もいる)とは、発生し得る災害を想定し備えることである。想定する災害のレベルは想定する自然現象のレベルに依存するから、この場合、襲来する台風のレベルを想定上決定しないことには防災計画は立てられず、建築物の耐風設計はできない。

## 再現期間

平成 12 年に改正された建築基準法では、それまで全国一律に決められていた設計用速度圧を用いて設計用風荷重を計算する方法が、地域ごとの基準風速に基づいて風荷重を計算する方法に変更された。計算に用いるパラメータを速度圧から風速に変更したこと、地域ごとに風速値を与えたという二つの変更点がポイントである。

地域ごとに基準風速を与える方法は、台風や季節風の襲来の頻度や強さが地域ごとに異なっているという観測の結果に基づいている。台風が上陸するのは太平洋側に多く、冬季の季節風が日本海側に多いことはよく知られており、基準風速はこれらの既知の事実を反

表 1 Saffir-Simpson ハリケーン・スケールの風速

強さ	1 分間平均風速(mph)*	ガスト風速(mph)**	気圧(hPa)
カテゴリー1	74-95	90-119	>980
カテゴリー2	96-110	120-139	965-979
カテゴリー3	111-130	140-164	945-964
カテゴリー4	131-155	165-194	920-944
カテゴリー5	>155	>194	<920

\*開けた水上での 1 分間持続風速 \*\*開けた水上での 3 秒ピーク風速

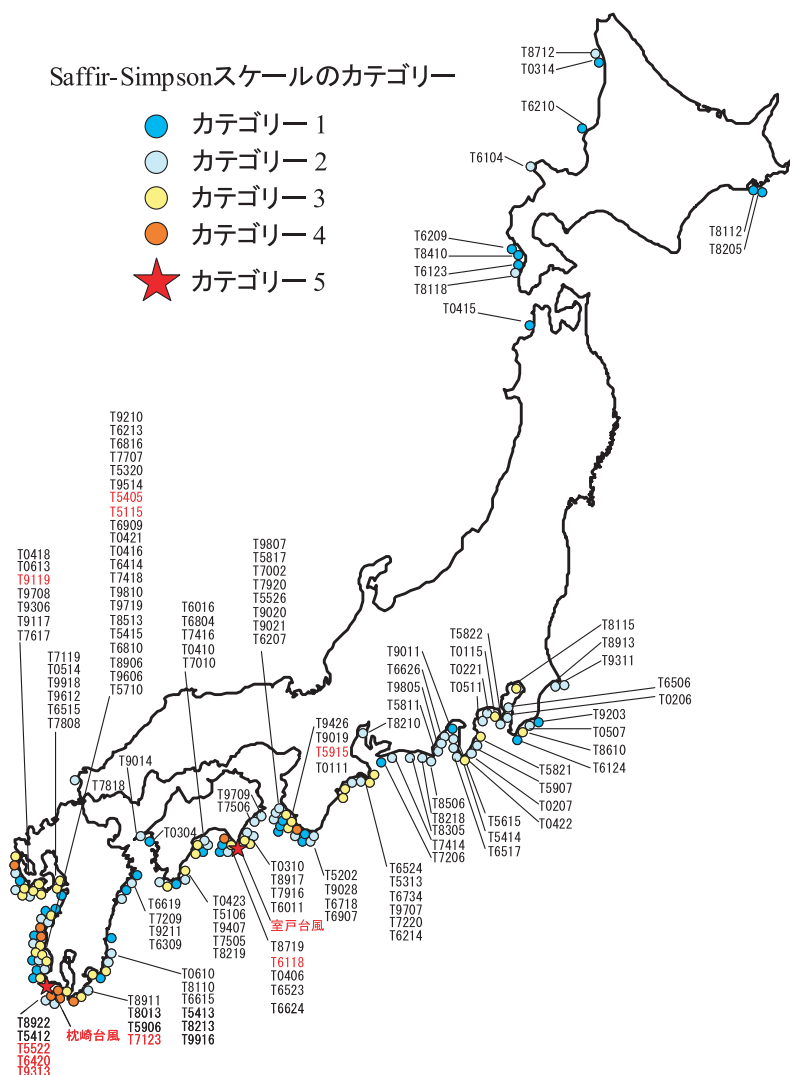


図 1 上陸台風スケール・マップ

映した設定になっている。それぞれの値は気象官署で得られた風速を元にして確率・統計手法を用いて決定されている。つまり過去に観測された風速から将来起こり得る風速を推定した値が基準風速として設定されている。この推定値は確率を用いて決定されていることを理解する必要があり、このことは基準風速が確定値ではないことを意味する。

基準風速を決定する確率は再現期間を用いて表される。建築基準法に定められた基準風速は50年再現期待値であるとされている。つまり、再現期間は50年である。この再現期待値を「ある再現期間（例えば50年間に発生する最大の風速（したがって、この値以上の風は発生しない）と誤解している人がいるが、これは間違っている。

再現期間は図2に示すように、ある風速を超え、次にその風速を超えるまでの期間の平均値である。つまり、再現期間  $T$  は、

$$T(>V) = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + \dots}{N} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i$$

と表される。ここで、超えるかどうかの基準の風速  $V$  が再現期待値であり、その値を超えとは言っているが、どれほど超えるかということは問題にしていない。再現期間は再現期待値が発生する平均のインターバルであることから、再現期待値は「再現期間にほぼ確実に発生すると考えられる値」と理解されるべきである。

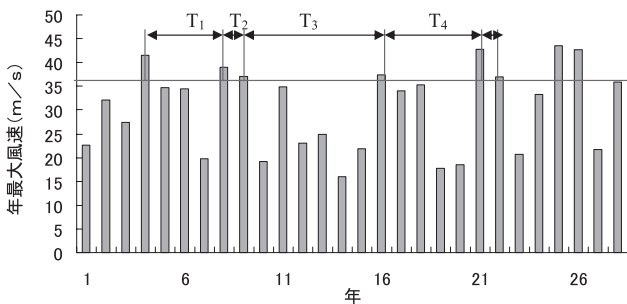


図2 再現期間

建築物の供用期間  $n$  年中に再現期間  $T$  年の期待値を超えるイベントが発生する確率  $P$  は次の式で表される。

$$P = 1 - \left( \frac{T-1}{T} \right)^n$$

建築物の供用期間  $n=50$  年間に再現期間  $T$  年の期待値が超過する確率は表2のように計算できる。この表から、建築物の供用期間50年間に50年再現期待値を超える確率は63%もある。ほぼ確実に発生すると考えられる値と言った意味がお分かりであろう。500年再現期待値でも50年間に約10%の超過確率がある。し

たがって、建築基準法の基準風速で計算される荷重を適用さえしていれば絶対安全ということはないのである。建築基準法は最低基準であるから、これを用いて計算される荷重は安全性を確保するための最低荷重と理解すべきである。設計者は基準法に基づく荷重から出発して、どれほどの安全性を担保するかという検討に踏み込んでもらいたい。

表2 再現期間と期待値の発生確率（供用期間50年間）

$T$ (年)	$P$ (%)
50	63
100	39
200	22
500	9.5
1000	4.9

## 建築基準法に基づく風荷重算定方法

建築基準法に基づく外装材設計用風荷重は、平成12年建設省告示第1458号を用いて、

$$W_c = \bar{q} \hat{C}_c$$

$$\bar{q} = 0.6 E_r^2 V_0^2$$

$$\hat{C}_c = \hat{C}_{pe} - \hat{C}_{pi} = \bar{C}_{pe} G_{pe} - \hat{C}_{pi}$$

で表される。ここで、

$W_c$  ; 外装材用風荷重(N/m<sup>2</sup>)

$\bar{q}$  ; 建築物の基準高さ  $H$ (m)における平均速度圧(N/m<sup>2</sup>)

$\hat{C}_c$  ; ピーク風力係数

$E_r$  ; 高さ方向の分布を表す係数

$$E_r = 1.7 \left( \frac{Z_b}{Z_G} \right)^\alpha \quad H \leq Z_b \text{ の場合}$$

$$E_r = 1.7 \left( \frac{H}{Z_G} \right)^\alpha \quad H > Z_b \text{ の場合}$$

$Z_b, Z_G, \alpha$  ; 建設地周辺の地表面粗度によって決まる定数

$V_0$  ; 基準風速(m/s)

$\hat{C}_{pe}$  ; ピーク外圧係数（負の値は直接与えられる）

$\bar{C}_{pe}$  ; 平均外圧係数（正の値を与える）

$G_{pe}$  ; 外圧係数が正のときのガスト影響係数

$\hat{C}_{pi}$  ; ピーク室内圧係数

$$\hat{C}_{pi} = -0.5 \text{ (閉鎖型建築物)} ; \hat{C}_{pe} \geq 0$$

$$\hat{C}_{pi} = 0 \text{ (閉鎖型建築物)} ; \hat{C}_{pe} < 0$$



である。これらの詳細は告示第1458号を参照していただきたい。

告示第1458号で計算される外装材用風荷重を告示第1454号で求められる構造骨組用風荷重と比較するとその違いがよく分かる。構造骨組用風荷重は次式で計算される。

$$W_f = \hat{q} \bar{C}_f$$

$$\hat{q} = 0.6 E_r^2 G_f V_0^2$$

ここで、

$W_f$  ; 構造骨組用風荷重(N/m<sup>2</sup>)

$\hat{q}$  ; ピーク速度圧(N/m<sup>2</sup>)

$\bar{C}_f$  ; 平均風力係数

$G_f$  ; ガスト影響係数

風は時間的に変動するので、その結果として結び付けられる風荷重も時間的に変動する。設計の面から重要なのは変動する荷重のピークの値であるが、比較的小さい面に作用する外装材用風荷重と比較的大きい面に作用する構造骨組用風荷重とでは荷重効果が異なるため、算定方法が異なることをよく理解する必要がある。小さい面に作用する外装材用風荷重は局所的な風圧変動を荷重として受けるが、局所的な風圧変動は大きい面全体に同時に作用する訳ではないので、結果的に外装材用風荷重は構造骨組用風荷重より大きくなる。外装材用風荷重が構造骨組用風荷重より大きいと言うと疑問に思われることがあるが、風荷重は単位面積当りの荷重で表されていることを考えれば理解できよう。広い面内では部分的に大きい風荷重と部分的に小さい風荷重が同時に作用するので、構造骨組用風荷重は面平均された値と考えると良い。

風荷重が時間的に変動する効果は、構造骨組用風荷重では速度圧にガスト影響係数として組み込まれているが、外装材用風荷重ではピーク風力係数として表現されている。この違いは表3に示すと分かりやすいだろう。外装材用と構造骨組用の風荷重算定方法を混同してはいけない。構造骨組用風力係数を用いて外装

材用風荷重を求めた例を見ることがあるが間違いである。種々の文献や研究成果から風力係数を引用する場合も、それが平均風力係数であるのかピーク風力係数であるのかを区別することは非常に重要である。

表3 建築基準法における変動風荷重の扱い

	構造骨組用風荷重	外装材用風荷重
速度圧	ピーク値	平均値
風力係数	平均値	ピーク値

## 平成19年改正建築基準法

建築構造計算書を偽装したとする一人の構造設計者が起こした事件に対処して、建築界の信頼性を回復するために構造計算適合性判定制度の導入を盛り込んだ建築基準法の一部改正が平成19年6月20日に施行された。このとき、建築確認・検査の厳格化が進められ、外装材の構造計算も確認申請図書に含まれることになった。

構造関係規定が見直され、一定の高さ以上等の建築物（高さ13mを超える又は軒の高さ9mを超える木造建築物、高さ20mを超える鉄筋コンクリート造建築物等）について指定機関による構造計算審査が義務付けられることになり、基準法第20条で、建築物は規模により次の4つに分類された。

- 第1号（超高層建築物）；特に高度な構造計算（時刻歴応答解析）が義務付けられ、すべて大臣認定が必要になる建築物
- 第2号（大規模建築物）；高度な構造計算（限界耐力計算、保有水平耐力計算、許容応力度計算）が義務付けられる一定規模以上の建築物
- 第3号（中規模建築物）；簡易な構造計算（許容応力度計算）が義務付けられる一定規模以上の建築物
- 第4号（小規模建築物）；仕様規定を満たせば構造計算が不要となる建築物

これらの区分に分類された建築物のうち、外装材の構造計算書が審査される建築物は第2号建築物と第3号建築物である。ただし、超高層建築物は指定性能評

価機能によって構造計算が審査され、外装材の構造計算についても審査されるので、実質上は第4号建築物以外のすべての建築物の設計図書に外装材の構造計算書が添付されることになる。

外装材の構造計算は、施行令第82条第4項「屋根ふき材、外装材および屋外に面する帳壁については、国土交通大臣が定める基準に従った構造計算によって風圧に対して構造耐力上安全であることを確かめなければならない」と定められ、ここで言う構造計算とは告示第1458号を指している。令82条第4項は改正前の令82条第5項と同じ条文であり、従前から外装材についても構造計算が要求されていたが、確認申請書の様式に外装材の構造計算書が含まれていなかったため、実際には確認がされていなかったのである。これまで法律の建前は、設計者が外装材についても構造計算を行なって安全性をそれぞれで検討していたはずであるということ前提としていた。しかし設計者が確認されない外装材の構造計算を自発的に行っていたかどうかは怪しいところで、構造計算も含む「責任施工」という名の施工者への丸投げを行っていたことも少なくないであろう。今回の基準法改正によって、建築確認される外装材の構造計算書は設計者が自身の名前で作成することになるので、「責任施工」は許されず、責任の所在が設計者にあることが明確になった。

外装材の構造計算書の様式は施行規則第1条に規定されており、以下の使用構造材料一覧表、荷重・外力計算書、応力計算書、屋根ふき材等計算書を用意しなければならない。

- 使用構造材料一覧表**；屋根ふき材、外装材及び屋外に面する帳壁に使用されるすべての材料の種類（規格がある場合には当該規格）及び使用部位。使用材料の許容応力度、許容耐力及び材料強度の数値並びにそれらの算出方法。法第37条の認

定を受けた建築材料である場合にあってはその使用位置、形状及び寸法並びに当該構造計算において用いた許容応力度及び材料強度の数値並びに認定番号

- 荷重・外力計算書**；風圧力の数値及びその算出方法
- 応力計算書**；屋根ふき材及び屋外に面する帳壁に生ずる力の数値及びその算出方法
- 屋根ふき材等計算書**；令82条の4に規定する構造計算の計算書

外装材の構造計算書まで含まれる設計図書が第三者によって確認されることにより、これまでの不明確な施工習慣も改善されることが期待される。使用材料のすべての種類と強度を設計図書に記載することによって、「JIS同等品」といった材料の指定は許されない。安価な同等品は概して純正品と比べて性能が劣ることが多いが、施工現場事務所でそのような材料の選択はしにくいことになる。設計図書と異なる施工が行なわれると契約不履行に問われることもあるので、事前にしっかりと準備しておく必要がある。

## 風荷重算定の2,3の注意

設計される外装材は純粹に建築物の外皮だけではなく、それらの支持部材、例えば固定金物、野地板や垂木なども含まれる。外皮に作用する風圧は固定金物、野地板、垂木、梁、柱、基礎を通して地盤に力として伝達され、それらの力の伝達が途切れずに耐力を有しているときに建築物は風荷重に対して安全であるといえることができる。梁、柱および基礎は構造部材であるので構造骨組として設計されるが、垂木より外側の部材は外装材として設計される。ここで金属板を屋根ふき材に用いた場合を考えると、金属板の風荷重は固定金具間の面に作用する荷重を考えるとよい。同様に固定金

具は固定金具間の面の荷重を負担するが、野地板には垂木間の負担面積の荷重、垂木には母屋間の負担面積の荷重というように、それぞれの負担荷重が異なる。外装材はそれぞれで異なる荷重に対して十分な耐力を有していなければならない。したがって、個々の部材の強度確認を積み重ねるよりも、総合的な安全性の確認を外装システム全体として試験によって確認することが望ましい。

風圧係数や風力係数は告示や建築物荷重指針に例示されているが、あらゆる形状の建築物についてを網羅されているものではなく、例示された基本形状以外の建築物や構造物については風洞実験でそれらの係数を決定するのが原則である。本来なら採用されないよう

な風圧係数を無理やり適用する例を見掛けることがある。例えば図3に示すような波形の屋根の風圧係数に円弧屋根の風圧係数を適用できるだろうか？高層建築物の屋上パネルの風力係数に、地面上にある塀の風力係数の値を用いるのは危険である。同様に高層建築物屋上のヘリポートの風力係数に独立上屋の風力係数を適用するのも危険である。基準に例示された風圧係数の適用の可否がよく分からない場合は専門家に相談していただきたい。風荷重は建築物や構造物の形状によって変化するので、特殊な形状の建築物や構造物の設計には風洞実験を実施していただきたい。

なお、荷重の設定は設計者が行うので、風洞実験の実施も設計者が決定すべきである。施工業者や建材メーカーが荷重を決定するときには風洞実験を実施することはほとんどない。風洞実験のコストを彼らが負担しなければならないからである。荷重の決定を他者に任せると、設計者が設計する建築物の安全性を真剣に考えないという憂うべき事態が生じる。

告示や荷重指針に例示されていない例として、軒や庇の風力係数を上げることができる。軒や庇の下面には風圧が作用するがこれらは無視されることがよくある。屋根端部の上面には強い引き上げ力が作用し、同時に下面から押し上げ力が作用するので、軒が受ける風荷重は屋根上面だけの風圧よりも大きくなる。写真1は長く突き出た軒先の折板が強風被害を受けた例である。設計荷重として軒裏面の圧力が分からない場合には、直下の壁に作用する正圧を軒裏面に適用し、軒表面の負圧との差を風力とすればよい。

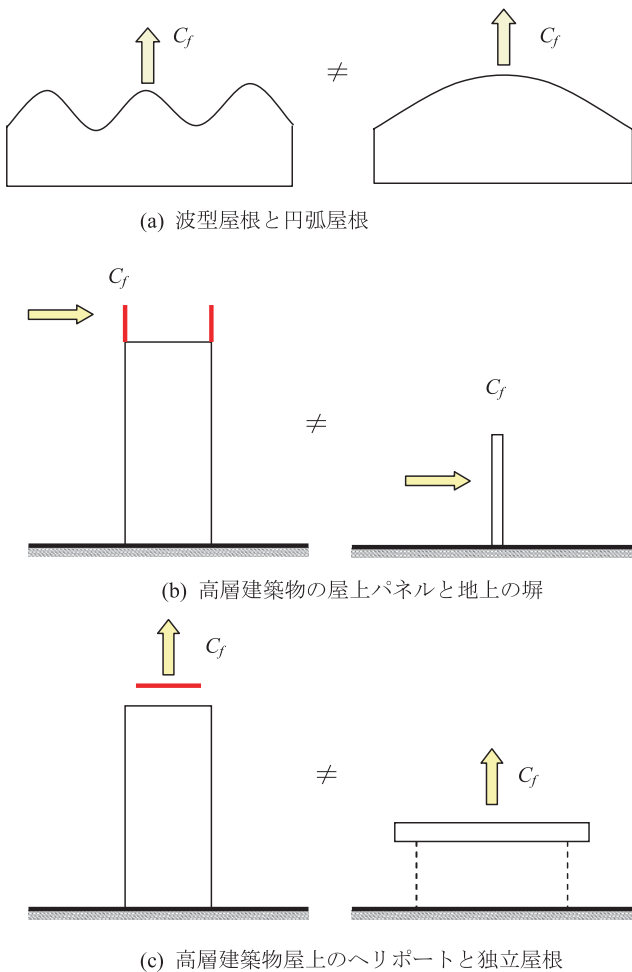


図3 適切でない風力係数の適用例



写真1 軒先から剥離した折板の被害例



## 外装材の耐風性能

平成 19 年改正建築基準法によって、設計者が外装材の構造計算にも責任をもつことが明確になった。設計者は外装材の許容耐力の提示を製造者に求め、告示第 1458 号に基づく風荷重を計算して、前述の設計図書を整えるだろう。製造者は設計者の求めに応じて製品の強度（耐力）とその算出根拠を提示すればよい。ただし、外装材の許容耐力をどのように決定するかについては建築材料全般を通して共通認識がある訳ではなく、材料ごとに考え方が異なるであろうから、各工業会では混乱がないように方針を決めておくことが望ましい。ある外装材業界では弾性限界を許容耐力と決めているが、別の外装材業界では弾性範囲が明確ではないために最大強度（破壊強度）を安全率で除して許容耐力としている。例えば板ガラスは告示第 1458 号で許容耐力が決められているが、その他に日本板硝子協会では 200 年再現期待値の設計荷重に対して 1000 枚に 1 枚破壊する確率の強度を許容耐力として推奨している。

許容耐力を決定するためには、対象とする外装材の耐風性能を明確にしておく必要がある。建築基準法施行令第 39 条第 1 項には、「外装材は風圧並びに地震その他の振動及び衝撃によって脱落しないようにしなければならない」と定められており、一般に「設計者が提示する風荷重に対して脱落しない」ことが基準法で定められた外装材の耐風性能と理解してよい。ここで「脱落」とは、外装材が取り付けられていた建築物から剥離しないことであるが、外装材が本来の機能を果たせない状態に至ることと理解されよう。屋根ふき材の一部が強風で外れた状態で屋根に残っていても、室内に漏水被害を生じさせるようでは本来の機能を維持しているとは言えず、その状態は許容されないだろう。外装材にどのような耐風性能を要求するかということは外装材ごとに異なるので、業界内で十分なコンセンサスを得る必要がある。機能の保持すなわち損傷がない要求と脱落しない要求の関係については後で詳しく述べる。

目標とする耐風性能が決まると、次にその性能を確認する必要がある。性能確認は個々の外装材構成材料の物性と力学的考察から行われることもあるが、外装材、接合金物および支持部材で構成される外装システムを用いた試験によって性能を実際に確認することが望ましい。外装材とその支持材の多くは力の伝達が必ずしも明確でなく、応力の集中による局所の損傷は計算だけでは容易に推測できないからである。ハゼ式固定の折板に風圧が作用する場合、ハゼ吊子から折板が抜け出す荷重は、折板とハゼの接合部に集中する応力が折板の支持スパンによって変化するので、折板が負担する荷重の大きさだけで決まらない。これを例えば、折板に作用する設計風荷重によって吊子断面内に生じる応力度を、使用材料の許容引張応力度と比較して安全性を確認したとすると、折板と吊子の接合部に生じる局部応力によって吊子が折板から抜け出す効果は考慮されていないので、その計算結果の有用性には疑問が残る。同じように、平葺き金属屋根で吊子を介して木毛セメント板に金属板をビスで固定する構法で、ビスの木毛セメント板からの引抜強度だけで安全性を評価するのは、ビス頭が吊子から抜け出す効果が考慮されていないので適切とは言えない。

試験結果は選択する試験方法に強く依存するから、妥当性が確認された標準試験方法を確立しておかなければならないが、その際最も重要なことは意図した用途に適した方法を開発することである。外装材の強風被害は、一般に、外装材そのものではなく、外装材相互または外装材と支持部材との接合部の損傷として発生する。接合部に作用する荷重効果が実物と同等で破壊モードが実物と等しい場合にのみその試験方法は性能評価に適している。

設計者やユーザーに広く受け入れられるのは、個材つまり個々の構成部材の試験ではなく、アセンブリつまり外装材と支持部材を実物と同様に組み上げた外装システム全体に実際の荷重を掛け、外装材全体としての耐力を確認する試験方法である。うまく計画された試験方法では、弱点部から破壊が始まる。外装材自体

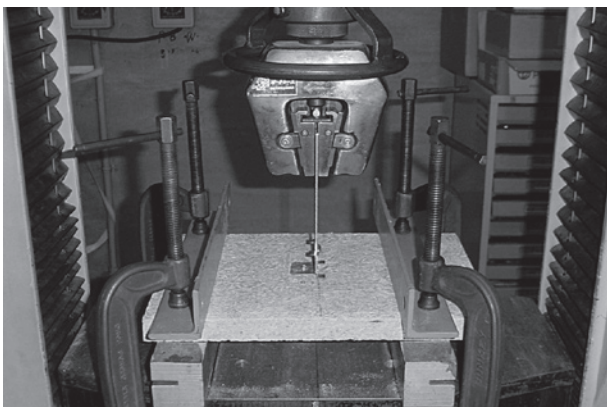


写真2 吊子の引抜試験



写真3 屋根ふき材アセンブリの耐風圧試験

の耐力が接合部の耐力より劣る場合は外装材から破壊し、その逆の場合には接合部から破壊する。写真2は平葺き屋根に使用される吊子の引張試験、写真3は支持部材を含み、ケラバを再現したアセンブリの耐風圧試験の状況である。この試験の場合は、吊子の引抜耐力よりも小さい荷重で屋根ふき材のキャップが外れた。このような破壊モードと耐力は個材の試験結果からは容易に確認できないのである。

試験結果をどのように設計に用いるかということは重要な問題である。強度の最大値が設計荷重より下回れば、そのとき外装材は破壊し、脱落する。破壊しなくとも、大きい残留変形は外装材の性能を損なうことになるので、強度が設計荷重より大きいことはもちろんのこと、残留変形がどの程度であれば外装材の性能を損なわずに許容できるかということが、設計に用いる強度すなわち許容耐力を決定する要因となる。一般に、ほぼ弾性的な挙動をする範囲の強度を許容耐力とすれば除荷後に変形は残らず、初期の性能は維持できると考えられる。外装材では、弾性限界は明確でないことが多いため、図4に示すように、試験で得られる荷重—変形曲線で、初期剛性の傾きに平行な直線とX軸との交点と原点の距離 $\delta$ が残留変形になると考えられ、 $\delta$ の値が許容できるかどうかで許容耐力の可否を判断すればよいだろう。

設計では、許容耐力が設計荷重より大きいことを確認することになる。設計荷重は設計者が決定すべきであるが、建築基準法に基づいて計算された荷重は最低基準で要求される水準（レベル1）で、50年再現期待値に相当する。それ以上の、例えば50年再現期待値に相当する巨大台風の襲来を想定しなければならない場合には、安全限界状態としての性能を考えれば良い。このレベル（レベル2）の荷重では、構造骨組は倒壊・崩壊しないことが要求され、外装材は初期性能の保持までは要求されないであろう。つまり大きい残留変形があっても許されるが、近隣にある他の構造物に対して悪影響を与えてはならず、脱落しないという要求は

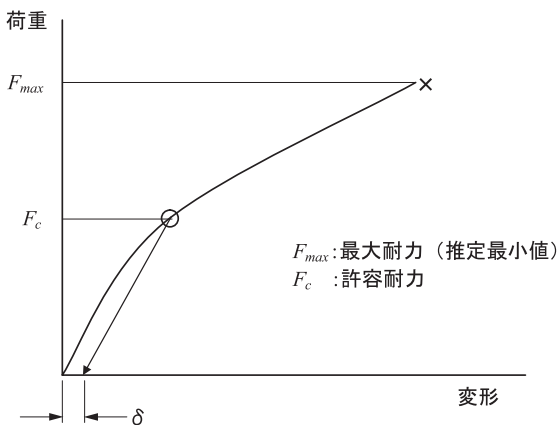


図4 典型的な外装材の荷重—変形曲線

満たす必要がある。前述したように、500年再現期待値の暴風の発生確率は無視できるほど小さくはないので、建築基準法では外装材に明確には要求はしていないが、設計者は設計する建築物に与えるレベル2の荷重下での限界状態における性能を考慮して欲しい。建材メーカーはそれに応えられるように、最大耐力とそのときに生じる状態変化の情報を用意し提供すべきである。

最大耐力と許容耐力の比は安全率と呼ばれる。すなわち、(安全率) = (最大耐力) / (許容耐力) である。安全率はいくらであれば良いかという問題を、最大耐力と許容耐力のそれぞれに要求される荷重レベルの比と考えると、建築基準法では(レベル2の荷重) / (レベル1の荷重) = 1.56としている(告示第1461号)ことが参考になるだろう。つまり、最大耐力は許容耐力の1.56倍以上必要である。ただし、レベル2荷重(最大耐力より小さい)時の残留変形が外装材として脱落しないという要求を満たすかどうかとも同時に考えなければならない。なお、許容耐力はばらつきが比較的小さいが、最大耐力はばらつきが比較的大きい。十分な数のサンプルでばらつきの最小値を推定するか、安全率を大きく設計する必要があるだろう。さらに施工によるばらつきや耐力の経年劣化なども考慮して、安全率を2以上とすることが望ましい。逆に言えば、安全率を2と設定すると、最大耐力の1/2を許容耐力としても良い。これらの決定は以上のことを総合的に考えてなされるが、業界内で合意しておくことが重要である。許容耐力や安全率の設定がメーカーごとに異なると、設計者は混乱するし、それらはコストに反映されるので、不公平な競争が発生するからである。

安全率は、材料耐力のばらつきの他、施工による性能のばらつきや経年劣化を考慮して決定されるが、施工による性能のばらつきは実際には定量的に求めることが困難なことが多い。したがって、これを厳密に求めるよりも施工の品質管理を確実にしてばらつきを小さくすることの方がより実際的であると思われる。その意味では日本金属屋根協会が実施している金属屋根工事技士認証などの施工者の技能を向上する仕組みが、施工による性能のばらつきを小さくする最良の方法であろう。外装材は構造体と異なり、劣化した部材を取り替えることができるので、経年劣化の程度が予測できる場合には設計で要求される耐力を下回る恐れがある年月で取り替えるか補強することが望ましい。しかし実際には、頻繁に外装材を取り替えることはできないので、経年劣化の程度を予測して安全率に含めるのがよいだろう。経年劣化の程度はと言うと、建設地周辺の状況により大きく差があり、十分な予測が困難であることが多い。したがって、ある程度の経年劣化の影響を安全率に含めるとしても、定期的におよび



強風を受けた後に外装材の点検を実施し、メンテナンスを継続的に行う必要がある。建築物の維持保全に関しては、建築基準法第8条に「建築物の所有者、管理者又は占有者は、その建築物の敷地、構造及び建築設備を常時適法な状態に維持するように努めなければならない。」と定められている。点検や修繕には費用が掛かるが、費用を負担する建築物所有者に予め説明をしておく責任が設計者にはあるだろう。

## おわりに

2004年には多くの台風が上陸して、各地で多くの建築物に被害が発生した。残念ながら金属屋根においても例外ではなかった。近年の台風は強いものであったが、それでも設計風速に至らない風速で被害が発生しており、一部では想定外の脆弱性を見せたと言えよう。これらの被害を教訓にして、来る巨大台風に備えなければな

らない。ハリケーン・スケールで言うカテゴリ-5に相当する巨大台風は、記録にあるところでも二度日本に上陸している。次に巨大台風が襲来するのはいつか分からないが、来ないという想定は間違っている。敢然として、これに立ち向かう強い意志をもつ必要があるだろう。

本稿では、金属屋根を中心として外装材の耐風設計と耐風性能評価について述べた。平成19年6月20日に改正建築基準法が施行され、外装材についても建築確認の対象になった。これを契機として外装材の耐風性能が明確になり、強風被害が効果的に減ることが期待される。これに対応する建材メーカーは一層の努力を要するが、それはユーザーの安全と安心に反映され、ひいてはその企業の繁栄をもたらすだろう。ユーザーは確実な性能の製品を求めている。良い製品が正しく評価され、適正な報酬で社会に受け入れられるために、協会の果たす役割は大きいと思われる。