

建築物の強風災害 - 100年の教訓 -

神奈川大学 大熊武司*

1. はじめに

1875年に東京気象台が設立され、翌年から天気予報が開始された。しかし、気象観測体制や情報伝達手段は十分とは言えず、電信電話網の整備も進められてはいたが、治水対策の遅れ等もあって、大きな風水害が毎年のように起きた。そのような中、1891年、「エッフェル塔の設計風力」が曾禰達蔵によって「建築雑誌」に紹介され、建築物の耐風設計の研究がはじまった。以来、「自然の脅威」に叱咤激励されるように研究、技術革新、基・規準の整備等が進み、建築物の風災害は大幅に低減された。しかしながら、屋根・外壁のように、同じような被害を相変わらず起しているような例もある。また、建築物の態様の変化等により、新たな課題も次々に生まれている。

本稿は、21世紀を迎えるにあたり、建築物の強風災害について、「耐風対策の発展」を考察の軸として、100年の変遷と教訓、今後の課題について概観したもので、1999年度建築学会大会における災害部門のパネルディスカッション「建築と災害 - 100年の教訓」に提出した拙稿「風と建築」に加筆したものである。なお、末尾に付録として、年表を用意した。

2. 我が国の強風¹⁾

建築物に被害をおよぼす強風としては、台風、季節風、竜巻、ダウンバースト（雷雨に伴う突風）等が挙げられるが、竜巻、ダウンバーストは建築基準法や建築物荷重指針の対象とはなっていない。

(1) 台風

東経180度より西側の北大平洋に存在する熱帯性低気圧のうち、最大風速が17.2m/s以上に発達したものを台風という。

(2) 季節風

中緯度地帯に発生する低気圧を温帯性低気圧と呼ぶ。季節風はこの温帯性低気圧によってもたらされ、特に、偏西風にのって本州の太平洋側を通過する東シナ海低気圧は、時に、台風なみの強風をもたらす。

(3) 竜巻、ダウンバースト

竜巻は主に、「大気の成層が不安定で、下層にはたっぷり水蒸気があり、上層の風が強いといった状況」下で発達する積乱雲の中で発生しやすく、そのような積乱雲は台風および前線を伴った温帯低気圧の域内で発生しやすいといわれている。竜巻に似た現象にダウンバーストがあるが、この場合には竜巻の特徴であるロート雲が存在しない。ダウンバーストは空気の雪崩と形容されることもある。

竜巻は沖縄、関東平野および九州南部から関東にかけての太平洋岸等で多く発生し、その数は年平均10数個程度である。発生時期は秋期に多く、その場合、台風の外圏降雨帯つ

* 災害科学研究会委員、神奈川大学工学部建築学科教授

まり、おおよそ、台風の中心から北北東～北東約300～500km付近で多く発生している。寿命は10分以内が多く、長くて20分程度である。竜巻やトルネードの規模や強さはFPPスケール（F：風速／被害のカテゴリー、P：被害区域の長さ、P：被害区域の幅）で表されることが多い。竜巻の場合は高々(3,3,3)程度であるが、1969年の12月に豊橋で発生した竜巻、1990年の12月に茂原で発生した竜巻はF4（荒廃的な被害）に近い。

表 - 1 FPPスケールの概要¹⁾

Fスケール	風速〔m/s〕	被害のカテゴリー	Pスケール	被害長さ〔km〕	被害幅〔m〕
0	17.8～32.6	軽微な被害	0	～1.6	～16
1	32.7～50.3	並の被害	1	1.6～5.0	16～50
2	50.4～70.3	顕著な被害	2	5.1～16.0	51～160
3	70.4～92.5	激甚な被害	3	16.1～50.8	161～490
4	92.6～116.6	荒廃的な被害	4	50.9～160	500～1500
5	116.7～142.5		5	161～508	1600～5000
6	142.6～		6	509～	5100～

3. 教訓／耐風対策の整備

第2次世界大戦後（1945年終戦）の約15年間、大型地震や大型台風が多かったことに加え、戦争による国土の荒廃と防災体制の不備等が重なって、我が国は毎年のように大きな自然災害に見舞われ、死者・行方不明者も多数にのぼった（ただし、台風時の死者・行方不明者の多くは水害によるものである²⁾）。特に、終戦直後の枕崎台風（1945年9月）では約4000人（原爆被災地の広島市とその周辺を中心とした広島県の死者・行方不明者は2000人）、1948年は福井地震とアイオン台風が重なって約5000人、1959年の伊勢湾台風では約5500人にのぼっている。因に、1934年の室戸台風では約3000人を数えている。

伊勢湾台風の教訓を活かして情報伝達システムの整備・向上、気象情報の向上が大幅に進み、災害対策の向上等と相俟ってその後の死者・行方不明者の数は激減している。しかしその一方で、9119号台風（1991年の第19号台風）では、建物の被害率は伊勢湾台風時等

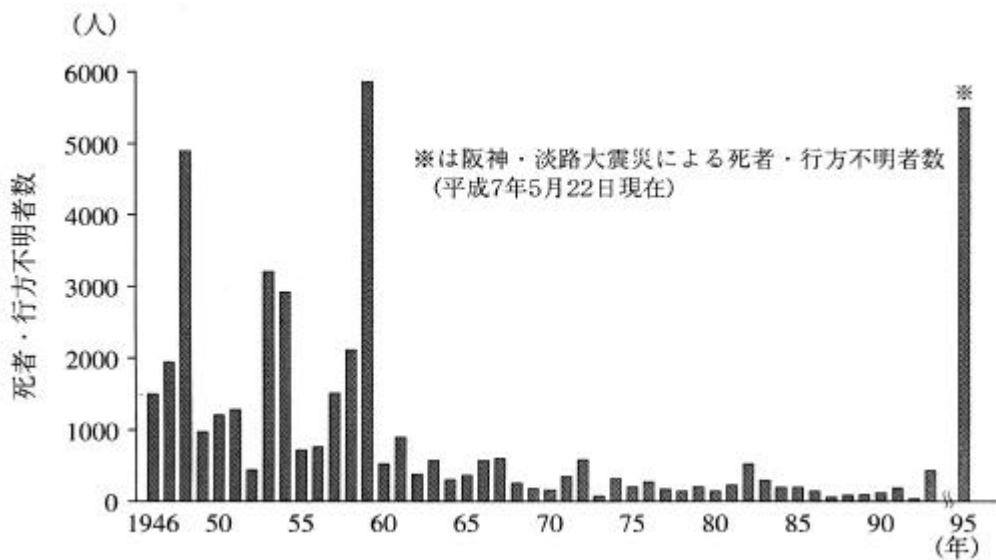


図 - 1 戦後の自然災害による死者ならびに行方不明者数²⁾

に比べ大幅に低下し、死者も幸い162名の少なさではあったが、保険金支払額は5675億円に達した。この額は、自然災害の一事象に対して支払われた一国の損害保険金としては、その時点における世界最高額である。明らかに、戦後の復興による社会・生活環境の変化の影響が伺える。因に、1992年8月のハリケーン・アンドリュー、1994年1月のノースリッジ地震について支払われた保険金はそれぞれ165億ドル、104億ドルである³⁾。

以下、風災害に限って、この約100年の状況を大掴みで振り返ってみる^{1)、4)~6)}。

(1) 我が国初の風荷重規定

1928年11月、非常に簡単なものではあるが、我が国初の耐風構造に関する規則が警視庁令第27条（強度計算に適用する風圧力）として発布された。もっとも、風圧力についての規定の議論はそれ以前にもあった⁷⁾。建築学会が付託されて作成した東京市建築条例案（1913年）による風圧力の規定である。この条例案は実施されることなく終わったが、市街地建築物法（1919年、細則は1920年）に引継がれた。ただし、風圧力・地震力についての規定は削除された。

この一連の流れに関連して筆者は、東京市建築条例案における風圧力の規定値が、警視庁令第27条の値の約2倍（建築物で219kgf/m²、自立煙突で244kgf/m²）であったということ指摘しておきたい。短期間の間になぜそのように大きく変わったのか。その理由について筆者はよく知らないが、風圧力についての認識が世界的に大きく変わったことが関係しているものと推察される⁸⁾。すなわち、航空機の研究のために1890年頃から風洞が世界的に建設されるようになって航空流体力学が著しく進歩し、空気力評価について大きな影響を与えてきたニュートンの空気抵抗理論が不合理であることが判明したのである。因に、建築物についての我が国初の風洞実験は、恐らく1934年の警視庁技師池口によるもの⁸⁾である。

表 - 2 警視庁令第27条（強度計算に適用する風圧力）⁵⁾

建築物の高さ	風圧力
20 尺以下	75kgf/m ² 以上
20 尺を越ゆるもの	100kgf/m ² 以上
50 尺を越ゆる煙突等	100kgf/m ² 以上

(2) 室戸台風

1934年の室戸台風来襲に先立つ1930年7月、九州地方は日本記録第3位（当時）の猛烈な台風襲われ、建築物は甚大な被害を被った。このため、東京工業大学、東京大学は大学命で合同調査団を派遣したが⁹⁾、その調査方法、報告書のスタイルは室戸台風の際に大いに生かされ、その後の被害調査方法の原形となった。なお、被害の重大さに鑑がみ、報告書の付録に耐風対策法が「木造家屋新築及び修理に関する耐風構造上の注意書」として提言された。

室戸台風は我が国耐風設計法の近代化の原点ともいえるべき事象で、911hPaという極めて低い中心気圧を維持して、1934年9月12日未明、室戸岬に上陸した。この台風は正午には新潟に達したが、その間、関西地方は京阪神地帯を中心に未曾有の風水害を受けた。この

台風災害については多くの研究者や行政担当者によって徹底的に調査・分析され、当時進められていた海外における建築物についての風洞実験データの収集活動と相俟って、耐風設計法の見直しが急速に進んだ。

すなわち、前項で述べたニュートン理論による空気力評価の見直しが我が国でも行われ、設計用風圧力の評価に今日流の「速度圧」、「風力係数」の概念が導入された。それとともに風洞実験も活発に行われるようになり、1941年12月に日本建築学会から公表された「鉄骨構造計算規準（案）」の第306条「風圧力」に反映された。この内容は、数値は若干異なるが、現行の建築基準法施行令第87条「風圧力」とほぼ同じ考え方のものになっている。因に、現行基準の速度圧値は、「室戸台風時の室戸岬測候所の地上高さ15mの観測鉄塔上で、ダインス風速計で計測された最大瞬間風速値約63m/s」によっている。理由は、「戦後現行法規立案当時における我が国の過去の速度圧のうち、最大のもの」ということである。

被害調査報告では、前述の1930年7月台風の場合と同じく、「筋違の使用、接合部の強化、土台と基礎の強固な連結等、横力に耐える方策」、「小屋組の強固な連結等、（窓等の破壊に伴う）内圧力に耐える方策」、「屋根葺き材、庇等の剥離、飛散防止」、「建物形状や群としての配置における配慮等、破壊力の軽減」、「木造建築物の腐食、虫害の予防」等が強調されている。その他、物理学者長岡半太郎が、天王寺の五重塔が風直角方向に倒壊したことに関連して、「物理的思考」の必要性を強調している¹⁰⁾ことが印象に残る。

(3) 枕崎台風¹¹⁾

終戦直後の1945年9月12日、室戸台風、伊勢湾台風とともに「昭和の3大台風」と呼ばれる枕崎台風が鹿児島県枕崎付近に上陸した。被害は、北海道を除く全国各地方に及んだが、九州各地および、広島・山口両県を中心とした中国地方の被害は格段に大きかった。とりわけ広島県では強風と大雨による河川の氾濫に加え、山津波が随所に発生して、2012人もの犠牲者をだした。

特記すべきは、終戦の1ヶ月後ということで、停電が発生しやすくラジオ放送もよく聞けず、新聞情報も貧弱でかつ後手にまわったということである。当然(?)、災害調査も満足に行われず、「知られざる猛台風」ということになってしまった。因に、枕崎での最大瞬間風速は62.7m/sである。

(4) 伊勢湾台風、第2室戸台風

1959年9月26日潮ノ岬付近に上陸した伊勢湾台風は東海地方に空前の惨禍をもたらした。特に、伊勢湾沿岸地帯では高潮により異常な被害を被った。この台風による死者・行方不明者の数は5177人に達し、室戸台風時の3036人、枕崎台風時の4229人を大きく上回った。このために、「室戸台風、枕崎台風の場合は警報体制の立遅れによる不意打ちが被害を大きくした要因になったが、伊勢湾台風においては、台風の進路予想はかなり正確であったし警報も早々に出されていた。にもかかわらず多数の死者がでるのを食い止めることができなかつたのは何故か」ということで、警報伝達体制の在り方が大きな問題となった¹²⁾。

もっとも、建築物の被害については、老朽家屋等を除けば、建築基準法施行令の制定（1950年）、学会の構造計算規準類の整備により倒壊や骨組の破損といった事例は減少し

た。しかし、屋根、窓といった外装に関わる被害は相変わらずであった。このため特に、外装材の耐風対策としてつぎの諸点(表 - 3)が提言された。もっとも、この教訓が法的に活かされるのは約10年後の建設省告示第109号(1971年)の制定まで待たなくてはならない。

表 - 3 外装材の耐風対策(日本建築学会：伊勢湾台風災害調査報告)

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1. 風荷重は全体風圧の他、局部風圧も考慮する。2. 主体骨組や下地骨組について、強度だけでなく剛性の検討も行う。3. 外装材の強度・剛性に適した取付工法を選び、取付法についても強度・剛性の検討を行う。4. 変形を許容する場合には、大変形を受けても外れないような取付工法を行う。5. 隣接外装材の剥離を誘発しない工法を用いる。 |
|---|

これらの提言は増加し始めた軽量鉄骨建築の場合にもあてはまるが、軽量鉄骨建築については特に、設計施工技術の未熟による主体骨組の被災、錆の問題等も指摘されている。

その他、飛散物による二次災害、今でいうビル風問題等、都市化にともなう風害が目立ちはじめた。ただし、ビル風問題が社会的に認知されるのは三井霞ヶ関ビルの竣工(1968年)以降である。

伊勢湾台風の2年後の1961年、規模、コースともに室戸台風に極めて類似した第2室戸台風が襲来した。風による建築物の被害の傾向は伊勢湾台風の場合と同様であるが、競技場スタンド上屋の破壊という本格的建築物の本体が被害を被った。上屋とそれを支える柱の接合部の貧弱さから、「スタンドによって風向が上向きになり、上屋に大きな吹上げ力が作用する」ということに思いが至らなかったのではないかと推察されている。

この台風については、この他、「室戸台風以来、奈良県下ではそれ程の強風が吹かないと言われていたが、今回は相当の強風が吹き荒れた」との指摘がなされている¹³⁾ことを、最近研究が加速されはじめた地形性強風の問題という観点から特記しておきたい。

(5) 損害保険³⁾

伊勢湾台風を契機に風水害の担保を求める声が高まった。「風水害保険」は既に1938年に創設されていたのであるが、「危険度の高い地域と低い地域の格差が大きいこと、また季節による格差が大きいこと」により、安定した保険として成長しなかった。

自然災害への補償の充実が現実的なものになったのは1984年の火災保険の大改定以降で、切っ掛けは1982年の長崎水害、1984年の山陰豪雨水害である。

これによって、普通の火災保険でも、台風や竜巻等による風災やひょうによって建物もしくは家財が20万円以上の損害を受けた時には、保険金支払いの対象に含めることになった。因に、台風の強風による飛散物との衝突や、家屋の倒壊や破損による傷害や死亡は「普通傷害保険」の対象になっている。

なお、地震保険は、新潟地震の翌々年の1966年に「住宅総合保険および店舗総合保険に自動付帯」の方式で創設された。その後、数次の改定を経て、1980年に「付帯できる保険種目全てに原則自動付帯(必要でない場合、断ることが出来る)」の方式となっている。普及率は創設以降年々低下していたが、1993年の釧路地震以降増加に転じ、1995年の兵庫県南部地震で急増している。

(6) 建築基準法の改正

1963年建築基準法が改正されて高さ制限が撤廃され、5年後の1968年に我が国初の本格的な高層建築物である三井霞ヶ関ビル（高さ156m）が完成した。このビルの耐風設計では、設計用速度圧としてそれまでの $60\sqrt{h}$ ではなく、我が国初の大型TVタワーである名古屋タワー（180m, 1954年）の設計に採用された $120\sqrt{h}$ が用いられた。その一方で、市街地風を模擬した風洞実験という新しいスタイルの風洞実験を詳細に実施し、建設会社の70年代風洞建設ラッシュの切っ掛けとなった。また、板ガラスメーカーはガラス板の耐風圧性能を評価するために脈動圧による動風圧試験法を開発した。

当時はまた、伊勢湾台風、第2室戸台風が来襲した後でもあり、屋根・外壁等の外装材の被災・飛散が大きな関心事であった。かくして1971年、外装材の耐風設計に関する建設省告示第109号が制定された。因に、速度圧 $q = 120\sqrt{h}$ が一般建築物の構造設計を対象とした施行令第87条に採用されたのは、いわゆる新耐震設計法導入のために基準法が改正された1981年である。



図 - 2 市街地風を模した風洞実験（第2世代：1980年代以降）

その一方で、霞ヶ関ビルは、古くから指摘されていた「建物周辺では建物に依存した強風が吹き、場合によっては周辺事物に風害を生じさせる」という問題を「ビル風問題」として社会的に認知させた。日常的活動への影響の大きさ、話題性等の故であり、その後のマンション建設等に大きな影響を与え、風環境評価手法、耐風安全性評価手法の確立を促した。

(7) 7513号台風

1975年10月に伊豆諸島の八丈島に大きな被害をもたらした13号台風(7513号台風)は典型的な風台風で、八丈島測候所では最大瞬間風速67.8m/sを観測した。この台風による建築物の被害の特徴は、これまでの災害要因に加えて、地形の影響、塩害との相乗効果、鋼板製折板屋根等の金属屋根の設計施工技術の未熟さ等が指摘されたことである。八丈島は

ひょうたん形をした島で、両腹部にそれぞれ700, 800mの山があり、山あいの平地に中心街が、その他の山裾に集落が発達していた。このために、被害分布に地形の影響がよく読み取れた。



図 - 3 折板屋根の被害
(日本建築学会：1975年台風13号による八丈島の建物被害の記録)

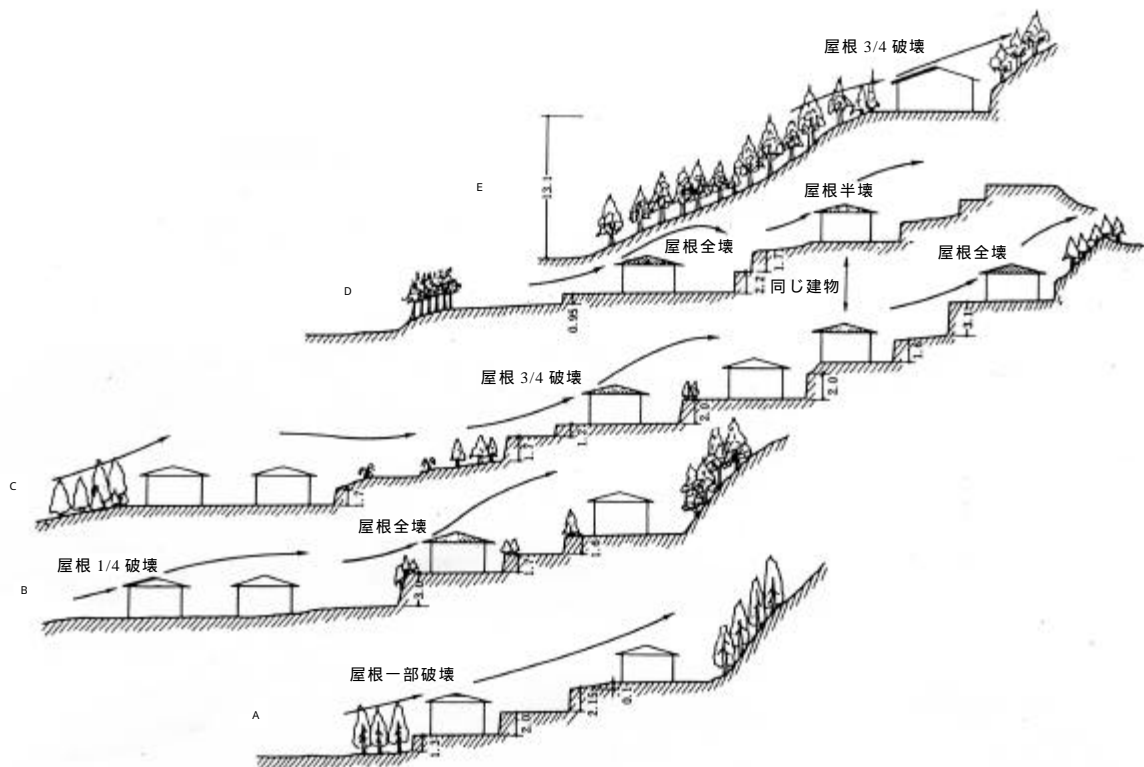


図 - 4 傾斜地の被害
(日本建築学会：1975年台風13号による八丈島の建物被害の記録)

当時、我が国では鋼板製折板を構造体兼屋根葺き材として使用することが広がり始めていたが、その設計方法や施工方法は良く分かってはおらず、設計者あるいは施工者の技量に強く依存していた。そこで、この災害を契機に、建設省は亜鉛鉄板会、全日本板金工業組合連合会、日本長尺金属工業会の3団体に、「協力して金属製屋根の設計・施工標準を策定するよう」要請し、1977年に「鋼板製屋根構法標準」が制定された。

この他に強調しておきたい被害要因として「建物の内圧の影響」がある。海に面した某ホテルの1階ロビーの風上ガラス面が大破した件である。ホテル関係者によれば、「階段室のガラス面の破損によりロビー内に風が入り込みガラス面が膨らみ出したので、風下側の玄関ドアを開けた途端、ほとんど一斉にガラス面が破壊した」とのことである。強風下で壁・屋根等に開口が生じると建物内の圧力が変化し、新たなそしてより大きな被害が生じる恐れが大きいことに十分注意しなければならない。

なお、関連して、サッシ、シャッターおよびその支柱等の剛性不足、支柱の抜け等が話題になった。

(8) 7920号台風

1979年の20号台風では、首都圏が「10年に1度の最大瞬間風速（マスコミ報道）」に見舞われた。いわゆる強風災害というものはほとんど話題にならなかったが、新宿副都心界隈の高層建築物の風揺れ問題が関心を集めた。建物の揺れとしては高々30ないし40gal程度であるが、「長時間続く」という地震にはない風特有の現象のために、不快になる者や不安になる者が相当数にのぼった。

これを契機に、建築物の耐風問題への認識も大きくかわった。1991年には「建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説」（日本建築学会）が制定され、制振装置の開発・普及が活発化した¹⁴⁾。

(9) 建築物荷重指針

高層建築物の建築ラッシュとそれに伴う合理的耐風設計法の要求が相俟って、1960年代の終わり頃から1980年にかけての約10年間、風圧力、振動、ビル風等に関する実測調査が盛んに行われた。その頃海外では、1967年にProf. Davenport (Canada) によって、ガスト荷重係数という概念に基づく風荷重算定法が提案されていた。

そこで我々も、我が国独自の実測情報や実験情報等を踏まえて、1981年、日本建築学会の建築物荷重規準案（1975年）の風荷重算定法を彼の方法に準拠して改定した。あわせて、「考え方および情報の重視」との観点より、荷重規準案の名称も建築物荷重指針・同解説に変更した。改定では、確率・統計的手法を採用し、次の4点を改定の柱とした。

- ・風荷重を「構造骨組用」と「外装材用」の2本立てとする。
- ・供用期間中における強風の発生頻度を考慮して設計風速を定め、それより設計速度圧を求める。設計風速は平均風速で規定する。因に、基準法施行令の速度圧は最大瞬間風速による値である（(2)項参照）。
- ・風速の時間的・空間的変動の効果は「ガスト影響係数」により評価する。
- ・建設場所の風当たりの状況は「地表面粗度区分」により評価する。

この指針は、10年ごとにバージョンアップするという原則に従って、1993年改定され

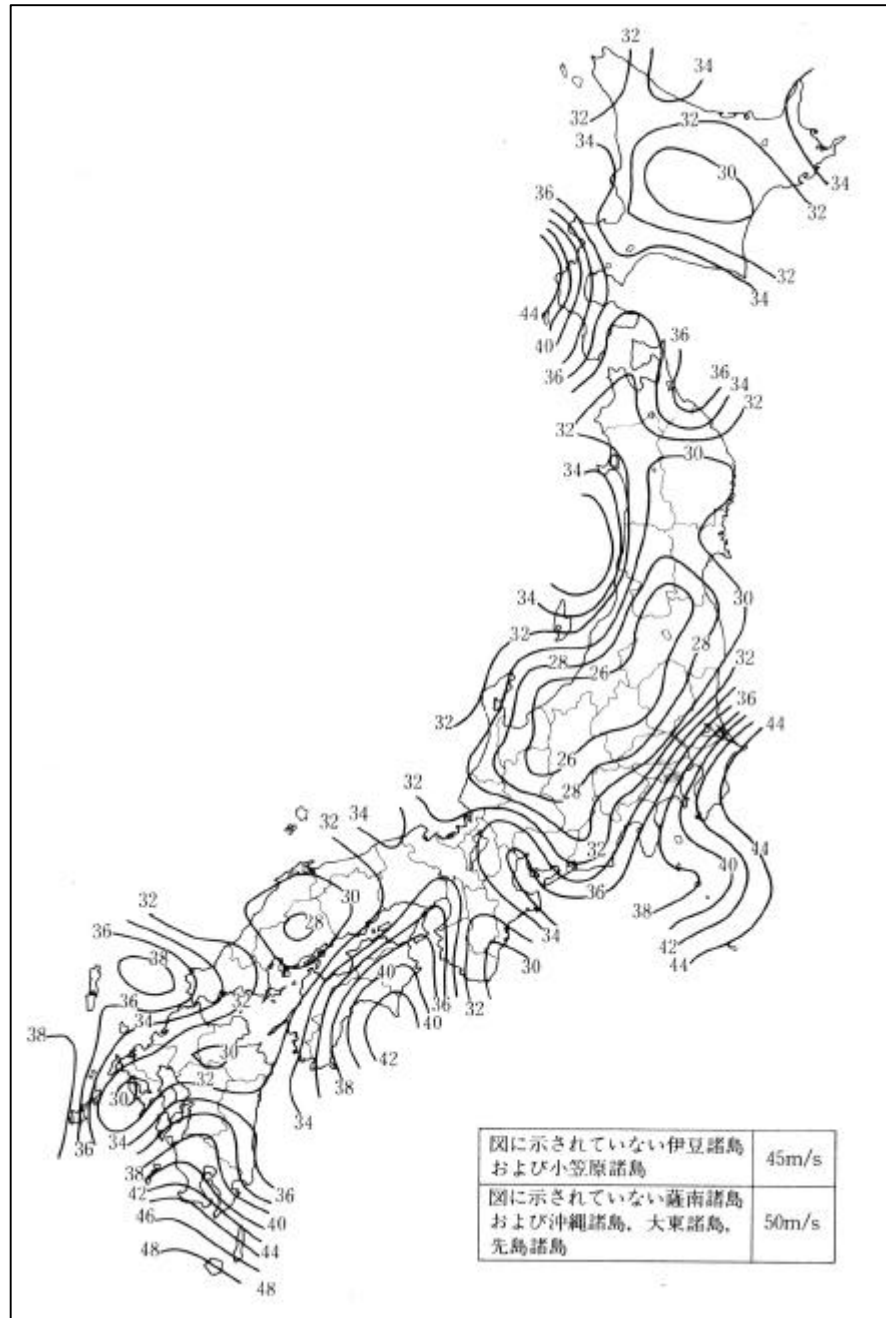


図 - 5 基本風速マップ（日本建築学会：建築物荷重指針-1993）

ている。新指針では、屋根風荷重、風直角方向振動、捩れ振動、空力不安定振動についても規定された。

荷重指針の貢献の一つとして、横浜ランドマークタワーの実現（1993年）への寄与が挙げられる。同タワーは高さ296mで、「再現期間100年の風速下で予想される風外乱に対して許容応力度設計、同500年に対してほぼ弾性的挙動の確保」を設計のクライテリアとして耐風設計された（1989年）。主要骨組が建物全体にわたって風荷重によって設計された高層建物の第1号であるが、風直角方向振動が設計に大きな影響をあたえた。なお、頂部にはハイブリッド方式の制振装置が設置されている。

横浜ランドマークタワーの耐風設計に採用された設計クライテリアは、その後審議を経て日本建築センターの高層建築物評定委員会における設計用風荷重評価の標準となっている（1991年）¹⁵⁾。

(10) 9119号台風

1991年の19号台風は長崎県北部に上陸し、日本海に抜けた後も勢力を維持して北海道に再上陸した。このため、被害は全国におよび、前述したように支払い保険金の額も極めて多額となった。飯塚、佐賀、平戸、長崎、熊本、牛深、枕崎の気象官署では約50mないし55mの最大瞬間風速を記録し、特に長崎市における住宅被害は山峡部に位置するなど地形の影響を大きく受けたと推定されている。その一方、東北地方では、「りんご台風」と呼ばれるほどにりんごを中心として農作物が大きな被害を受けた。

「地形の影響」についても、この台風の場合には、大気的不安定により強風が山頂尾根付近から剥離しないで風下側に下降したことによると推定される被害が注目された。話題になった宮島・巖島神社の被災、四国山地における送電用幹線鉄塔の倒壊等はその例である。

建築物の被害では、瓦屋根¹⁶⁾、金属屋根、シャッター¹⁷⁾等の被害が関心を集めた。特に、瓦屋根については、全日本瓦工事業連盟が中心となって耐風対策の確立に向けた本格的な活動を開始した矢先であり¹⁸⁾、緊急の課題となった。「性能規定設計」への移行という観点からすれば、設計・施工指針の整備、「性能評価試験法」の確立が強く望まれるところであり、本年（99年8月）「構法標準」作りに着手した。

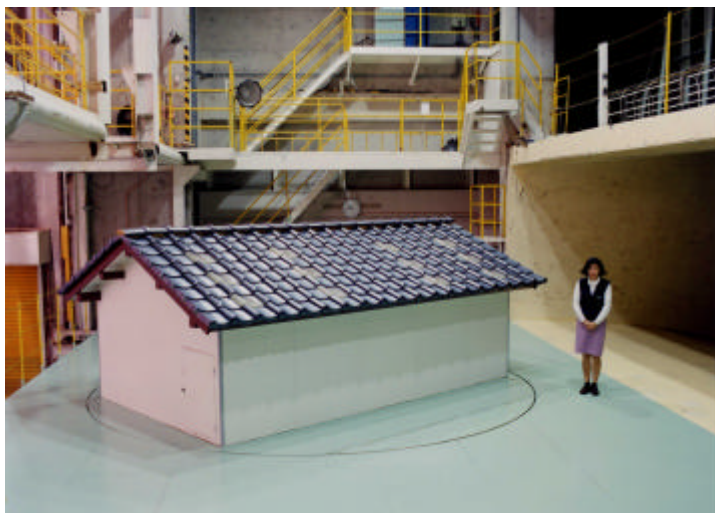


図 - 6 屋根瓦に作用する風力についての風洞実験¹⁹⁾

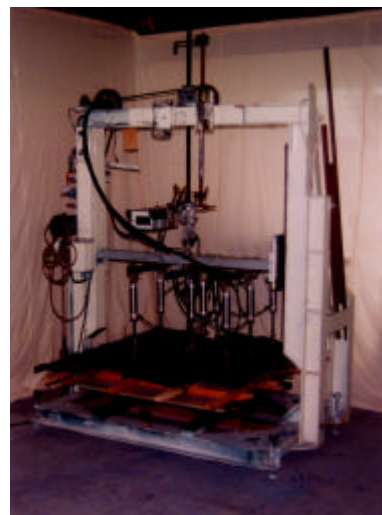


図 - 7 瓦屋根の対風耐力の評価試験例
(全日本瓦工事業連盟：作業部会資料)

金属屋根については、前述の鋼板製屋根構法標準が妥当であること、責任施工制度が効果を発揮していること、シャッターについては、JISの規定が十分な設計風圧力を対象と

していないこと等が指摘されている。この他、工場群の場合、風向きと工場群のレイアウトの関係で局所的強風が発生して被災する事例が報告されている¹⁷⁾。群立する建築物については、前述しているように、相互干渉についての事前評価が望まれるところである。

(11) 竜巻

竜巻やトルネードは、陸上の事象の場合、主に田園地帯のような開けた平坦地で発生し、都市化が進んだ地域は襲われることはない²⁰⁾。このため市街化が進んで郊外に低層建物が増加しはじめると、竜巻災害の事例が増え始める。実際、第1次高度成長時代に見られた豊橋（1969年12月）、浦和・大宮（1971年7月、同日）、千葉（同8月）、第2次高度成長時代の茂原（1990年12月）等の顕著災害は住宅地化の最前線で発生している。竜巻による被害形態は台風時のそれと類似する点が多いが、豊橋、茂原のような我が国最大級の竜巻の場合には、「一気に破壊された、あるいは吸い取られた」といった例が多くなる。とはいえ、同一地区が再度襲われるという可能性は極めて低いいため、通常、特別な耐風対策はとられない。（2.(3)項参照）

4. 今後の課題

建築物の強風被災の大部分は、外装材、付属物、軽微な建築物に関わるものである。特に、外装材に関わる問題は、この100年に限ってみても、台風のために同じようなトラブルを発生させているという点で深刻である。技術上の問題だけでなく、「飛んでもいい/仕方ない」といった考え方や設計者・建設会社・外装施工会社の協調体制等に問題があるのではないかと思われる。外装材の飛散は、2次災害の元となるだけでなく、被害者を加害者に変える。社会の質の向上が求められるこれからの時代、家財の保全という点からも、外装材の適切な耐風性能の確保は増々重要になる。

付属物は多様であるから、その耐風性能の問題を簡単に論評することは難しいが、敢えて象徴として1件を取り上げると、通信用ポールの過大振動、それに伴う疲労破壊の問題がある。2次災害の誘発の問題も含めて、本格的な情報通信時代を迎えるに当たり、留意が肝要である。

構造骨組にも課題はある。確かに、耐久性に起因した問題あるいは竜巻のような特別な強風に起因した問題を除けば、基・規準類の整備によって破壊、破損の事例は減少している。しかしながら、地形性強風については良く分かっておらず、建設場所によっては大きな被災に至る可能性がある。他方、建築基準の性能規定化に伴い、構造技術の多様化およびそれに伴う、例えば免震あるいは制振建築物のような構造形式・方法の多様化の促進が期待されている。しかし、それらが適切に実現されるためには、安全性・使用性に関わる多様な風外乱による多様な荷重効果が適切に評価されなくてはならない。技術者は良質な情報の収集のみならず優れた判断力・洞察力が求められることになる。

個別建築物に関わる問題の他に、「防災に関わる気象情報」の質的充実、社会一般の「防災意識」の向上が大切である。特に後者については、概して、強風防災は地震防災にくらべて遅れている。地震災害と強風災害の様相が大きく異なっていることがその大きな要因と思われるが、強風による毎年の社会的損失は極めて大きい。「強風災害のシナリオ」²¹⁾、「台風風力階級」²²⁾、「防災ネットワーク」²⁾、「耐風性能と保険のリン

ク」²³⁾等々いろいろな側面から、強風災害低減のための方策が検討されることが望まれる。「性能規定型設計」への移行はこのような認識の浸透・定着に寄与すると思われる。

いずれにせよ、「耐風対策を科学的に評価する試験設備」²⁴⁾の充実が計られないと効果も半減しよう。強風災害に限らず、「自然災害の低減」は21世紀の有力なキーワードの一つであり、その内容も個人的問題から発展途上国への寄与等地球的視野の問題まで多様化することは明らかである。したがって、その事態に対応するために、「工学的観点から災害を科学する」姿勢を基本に据えた種々の学術的活動、ならびに「低減を実現する」ための技術的基盤、社会的基盤の整備を進めなくてはならない。特に後者については、いろいろな局面において、「責任の所在を明確にする姿勢」を訴える努力も不可欠である。

参考文献

- 1) 大熊武司、天野輝久：暴風災害と耐風構造、建築防災工学、オーム社、1997年（初版 12刷）
- 2) 大熊武司、植松 康、野村卓史：日本風工学会による風災害調査・低減活動、日本風工学会誌、第78号、1999年1月
- 3) 川口正明：風害と損害保険、日本風工学会誌、第64号、1995年7月
- 4) 大熊武司：風と建築 室戸台風から横浜ランドマークタワーまで、特集「風と建築」、建築技術、No.531、1994年7月
- 5) 大熊武司 + 神田 順 + 田村幸雄：建築物の耐風設計、鹿島出版会、1996年3月
- 6) 大熊武司：耐風設計の発展、動的外乱に対する設計 - 現状と展望、日本建築学会、1999年5月
- 7) 大橋雄二：日本建築構造基準変遷史、日本建築センター、1993年12月
- 8) 池口 凌、小林政一、北沢五郎：風圧に関する実験的研究、建築学会大会論文集、1935年4月
- 9) 田辺平学、谷口 忠、武藤 清、吉田 貢：論説、昭和5年7月九州地方建築物の風害に就いて、建築雑誌、1930年10月
- 10) 長岡半太郎：風害の建築に対する物理的批評、建築雑誌、1935年2月
- 11) 力武常次、竹田 厚監修：日本の自然災害、国会資料編纂会、1998年4月
- 12) 柳田邦男：災害情報を考える、NHKブックス、日本放送出版協会、1978年8月
- 13) 鷲尾健三、高橋慶夫、五十嵐定義：建築の構造 - その事故と災害、丸善、1978年6月
- 14) 北村春之：応答制御機構、動的外乱に対する設計 - 現状と展望、日本建築学会、1999年5月
- 15) 日本建築センター：高層建築物の構造評定用風荷重について、ビルディングレター、1991年6月
- 16) 日本建築センター：台風9119号被害調査研究報告書、1993年3月
- 17) 鋼材倶楽部中国地区鉄骨建築技術普及委員会：台風9119号による鋼構造物の被害と設計・施工への提言、1994年3月
- 18) 全日本瓦工事業連盟：瓦葺屋根耐風・風洞実験報告書、1987年8月
- 19) 森崎禎璋、斉藤 通、本多明弘、佐藤勝彦：屋根瓦に作用する風力に関する研究、日本風工学会誌、第58号、1994年1月
- 20) 藤田哲也：たつまき 渦の驚異 上、科学ブックス20、共立出版、1973年8月
- 21) 田村幸雄：風による被害、建築防災、'96.9
- 22) 光田 寧：台風風力階級に関する私見、巻頭言、日本風工学会誌、第77号、1998年10月
- 23) 川口正明：損害保険が期待する建物の耐風性能の評価方法、日本風工学会風災害研究会資料、1998年10月
- 24) T.A.Reinhold (野村卓史、神田 亮、奥田泰雄：訳) : Approaches to reducing wind-induced damage in the United States, 日本風工学会誌、第79号、1999年4月

付表 年表 : 主な台風・竜巻と耐風基規準等の整備および関連事項

年次	台風等	基・規準等	関連事項
1875			東京気象台設立
1891	(濃尾地震)	「 Eiffel塔の設計風力」が紹介される：耐風設計の研究スタート	
1890年代～		航空関係の風洞実験スタート(欧米)	建築へも影響(1900年代初頭) ニュートンの空気抵抗理論否定
1913		東京市建築条例案	
1919		市街地建築物法(風圧力、地震力の規定なし)	
1923	(関東地震)		
1928		警視庁令第27条	
1930	九州・中国地方風水害		台風被害調査方法・報告書の原形、木造建築物の耐風対策(提言)
1934	室戸台風	耐風設計法の近代化スタート 建築物についての我が国初の風洞実験	物理学者長岡半太郎「風圧力についての物理的思考の必要性」を強調 風水害保険創設
1938			
1941		鉄骨構造計算規準(案)	
1945	枕崎台風		「知られざる猛台風」
1950		建築基準法・同施行令($q = 60\sqrt{h}$)	
1954			名古屋タワー完成(180m, $q = 120\sqrt[4]{h}$)
1958		自然風を模した風洞実験 (デマーク: Jensen)	東京タワー完成(333m)
1959	伊勢湾台風		警報伝達体制の欠陥、外装材の耐風対策(提言)
1960	(刊地震津波)		
1961	第2室戸台風	災害対策基本法	
1963		建築基準法改正	高さ制限撤廃
1964	(新潟地震)	高層建築技術指針 脈動圧による外装ガラスの耐風圧性能試験法	
1966			地震保険創設
1967		ガスト荷重係数の概念 (加ダ: Davenport)	
1968			三井霞ヶ関ビル完成(156m)
1969	竜巻(豊橋)		
1971	竜巻(浦和・大宮・千葉)	建設省告示第109号(外装材)	
1975	13号台風(八丈島)	建築物荷重規準案	
1977		鋼板製屋根構法標準	
1979	20号台風(首都圏)		
1980			今日的地震保険
1981		建築基準法施行令改正 ($q = 60\sqrt{h}$, $120\sqrt[4]{h}$) 建築物荷重指針・同解説	
1982	(長崎水害)		
1984	(山陰豪雨水害)		火災保険大改定(自然災害への補償充実) 制振構造の開発・普及
1986～			
1990	竜巻(茂原)		
1991	19号台風(全国的)	建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説 高層建築物の構造評定用風荷重 建築物荷重指針・同解説改定	
1993			横浜ランドマークタワー完成(296m)
1995	(兵庫県南部地震)		地震保険急速に普及
1998	7号台風(近畿地方)		