報 告

建築物外装材の耐風設計と耐風性能評価に関するシンポジウム参加報告

Symposium on Wind-Resistant Design and Performance Evaluation for Components and Cladding of Buildings

大竹和夫*

Kazuo OHTAKE

1. はじめに

近年の強風被害をみると、殆どが屋根葺材を中心とした外装材に発生している。外装材の被害は単にそれだけに留まらず、大きな構造被害や飛来物となって人的被害を引き起こす可能性がある。日本建築学会・荷重運営委員会・風荷重小委員会（2006～2007年度、耐風設計小委員会）では、近年の強風被害からの教訓、風力係数の調査・研究、種々外装材の耐風性能評価に関する比較、外装材に及ぼす飛来物の影響に関して検討を進めてきた。その成果として標記シンポジウムが下記のように開催されたので、その概要を報告する。

(プログラム)

場所：建築会館ホール

日時：2008年11月6日（木）13:00～17:00

司会：谷口徹郎（大阪市立大学）

記録：大竹和夫（竹中工務店）

1. 主旨説明

河井宏允（京都大学）

2. 主題説明

(1)近年の強風被害からの教訓

奥田泰雄（建築研究所）

(2)外装材の風荷重

浅見 豊（大成建設）

菊池浩利（清水建設）

染川大輔（大林組）

(3)外装材の耐風性能評価

西村宏昭（日本建築総合試験所）

(4)外装材に及ぼす飛来物の影響

丸山 敬（京都大学）

3. 質疑応答

4. まとめ

植松 康（東北大学）

シンポジウムには155名の参加があり、盛況であった。また、外装材メーカーからの出席者が多く、近年の強風災害への関心の高さが伺われた。

2. 主旨説明

シンポジウムの開会にあたり、風荷重小委員会主催の河井より主旨説明がなされた。強風被害の大部分である

Photo.1 主旨説明風景

* 竹中工務店技術研究所 主任研究員
Chief Researcher, Research & Development Institute, Takenaka Corporation

外装材の被害は、それ自身の被害に留まらず、建築物内部の被害、さらには室内圧変化による建築物全体の被害へと拡大する契機ともなる。したがって、建築物の耐風設計において、外装材の耐風設計は重要である。日本建築学会の荷重運営委員会では、早くから外装材の耐風設計の重要性を喚起するとともに、建築物荷重指針に外装材用風荷重に関する設計資料を整備してきた。2000年に改訂された建築基準法においても、建築物荷重指針の考え方が反映され、外装材用風荷重が構造骨組用風荷重とは別個に定められることになった。しかし、2004年に襲った数々の台風により、またしても外装材の耐風性能の弱点が露頭するとともに、新材料・新工法の開発による新しい外装材の被害も出現してきた。2004年の強風被害の状況とその原因については、2006年に開催された強風災害シンポジウムで報告されるとともに、2006年に発足した耐風設計小委員会でも外装材耐風性能WGを設置し、研究者、設計者、外装材メーカー技術者が協力して、外装材の耐風設計について議論を重ねてきた。この度、その成果をシンポジウム資料として配布できる運びとなったので、外装材の強風被害の低減に役立てて頂きたい、との説明があった。

3. 主題説明

3.1 近年の強風災害からの教訓

奥田より近年の強風被害について説明があった。まず、これまでの強風被害は「想定外の風荷重が作用した」と片付けられることが多かったが、最近では、「建築物側に何らかの問題を孕んでおり強風によりその問題点が顕在化した」と結論づけられるようになり、風荷重評価とともに耐風性能を正しく評価することの重要性を指摘した。次に、強風被害の特徴を、地震動と風の力の伝達経路の違いから示し、続いて、被害事例、原因、設計・施工上の問題点、対応策について、被害調査時の写真を使い部位別に紹介された。建築物の非構造部材の被害では、屋根葺き材（瓦屋根、折板屋根、瓦棒葺き、ステンレスシート防水、置屋根）、外壁、建具（サッシ、窓ガラス、窓シャッター、雨戸、網戸、ガレージ用軽量シャッター、扉）、屋上設置物（屋上設置物、看板、樋、軒天井、屋上敷設物）、内装材・什器（内壁、天井、断熱材、照明器具、家具）の被害事例が紹介された。被害の特徴として、二重折板屋根の上下折板の熱伸縮差を逃がすスライド機構が所定の性能を発揮しなかったこと、長尺の屋根葺き材で葺くことが可能となったため、一旦屋根葺き材がはがれると大部分に被害が拡大すること、一部分の被害が室

内圧を急変させ、他の部位への被害を拡大する可能性があること、雨戸や窓シャッターは飛来物に対して有効であること、などが説明された。

建築物の構造部材の被害では、住宅等の小規模建築物（木造、軽量鉄骨造）、仮設建築物、膜構造物（空気膜構造、骨組膜構造）の被害事例が紹介された。被害の特徴として、歴史的建造物では、強風被害が発生しても現状復帰を原則としているため、被害が繰り返されること、膜構造物において、膜材と押えケーブルの接触面での磨耗による劣化の可能性があること、などが説明された。

工作物の被害では、ゴルフ練習場（ネット構造物）、園芸用ハウス、カーポート、仮設足場、広告塔・看板の被害事例が紹介された。被害の特徴として、ゴルフ練習場でのネット構造物の倒壊は強風時にネットを降ろすのが間に合わなかったという管理上の問題があること、仮設足場は存置期間が短いとの理由で設計風速が低く設定されていること、などが説明された。

3.2 外装材の風荷重

浅見より外装材の風荷重評価方法、耐風設計の実践的課題について説明があった。外装材用風荷重は、瞬間的なピーク風力に基づいており、その算定式は荷重指針、建築基準法で同じである。しかし、様々な建築物の形状に対して、十分なケースの風力係数が示されていないのが現状である。建築基準法関連規定に関する疑問点として、13m以下の建築物と部分には適用されないこと、地表面粗度区分が都市計画区域と関連付けられていること、屋根面の局部負圧領域の幅は建築物の規模によらず3mが最大となっていること、が挙げられる。ピーク風力の評価にあたっては、外装材の寸法を考慮した面平均を評価しなければならないが、実験上の制約から時間平均で代用していること、室内圧は開口を適切に考慮して設定する必要があること、が説明された。耐風設計の実践的

Photo.2 シンポジウム風景

課題としては、単純形状に対して与えられたピーク風力係数を複雑形状の建築物への適用することの難しさ、海外基準を引用する際の注意点、ピーク風力係数が不明な場合においても安全側に設定することで設定可能な場合があること、について説明があった。

次に、菊池および染川より、基規準にない外装材用風荷重の研究事例として、楕円平面を持つ建築物の外壁、板状建築物の外壁、L字型建築物の屋根および外壁、高層建築物のボイド内の外壁、寄棟屋根、住宅の軒天井、独立上屋、瓦屋根、バルコニー手摺、屋上目隠しパネル、屋上緑化、集合住宅の内圧係数、について説明があった。L字型建築物については、風圧変動の様子をアニメーションで示し、実務者にもわかりやすい説明であった。いずれも、実際の建築物では一般的なものであるのかかわらず、基規準には規定されていないものであり、実験データも蓄積されつつあることから、次の荷重指針改訂時には採用されることが期待されるものであった。

最後に、染川より、飛来物による開口発生時の内圧変動に関して、解析および実験・実測結果の紹介があった。開口発生前後における平均内圧の差に対するピーク内圧の差の比として定義されるオーバーシュート率は、開口面積に比例し、室内容積や開口発生時の風速に反比例することが説明された。

3.3 外装材の耐風性能評価

西村より、外装材の耐風性能評価について説明があった。耐風性能評価の現状として、耐風性能の評価方法が曖昧であるため、当該外装材が必要性能を有しているか否かの確認ができない、関係者（建築主、設計者、施工者、建材製造者）間で耐風性能に関する共通認識ができていない、との観点から、性能評価の一般的なガイドラインの必要性を説いた。そこで、風荷重の研究者、材料施工関係者、代表的な外装材の協会・工業会の技術者が参画してWGを組織し、各外装材メーカー（サッシ、板ガラス、金属屋根、窯業系サイディング、瓦、防水シート、膜材）において、耐風性能や安全率がどのように定義されているかを調査し、安全率の定義にバラツキがあることを確認した。WGでの議論を踏まえて見直しに着手しているメーカーもあるが、簡単に変えられるものではなく、今後の方針として以下に示す8項目の確認に留まっている。

①設計の範囲としては、外装材そのものだけでなく、支持部材も含める必要があり、各業界では、個々の部材またはそれらの組合せに関する定義と責任範囲を明確

にする。

②外装材が脱落すれば、主要構造体が受ける荷重も想定から異なることから、外装材用風荷重についても、主要構造体における最大級の荷重レベルを想定する。

③限界状態として、各々の外装材において損傷限界、終局限界の2つの状態を定義し、基準荷重（再現期間50年相当）に対して損傷限界の性能、最大級の荷重に対して終局限界の性能を要求されていると解釈する。

④安全率は終局耐力を許容耐力で除した値とする。

⑤性能確認試験においては、目的にあっているか、現象を再現しているか、再現性はあるか、試験結果のばらつきを評価できるか、に注意して適切な試験方法を選択する。

⑥設計者、製造者、施工者の責任分担を明確にする。

⑦同じ種類の外装材の性能表示は同じ基準で示す。

⑧設計者は、耐風性能を持続させるために、維持管理計画書を作成し、所有者は計画書に従って、維持管理を実施する。

今後は、この方針を基に各業界において、耐風性能評価基準が作成されることが期待される、との説明があった。

3.4 外装材に及ぼす飛来物の影響

丸山より、外装材に及ぼす飛来物の影響について説明があった。飛来物の種類としては、屋根葺き材、木材、合板、ビニール、木の枝、屋外空調機、風力発電のブレード等、多岐にわたっている。幅9m×長さ41m、約7トンの金属屋根パネルが約30m飛翔した事例もあり、総重量ではなく単位体積当たりの重量が軽いものほど飛散距離が大きくなることに注意が必要である。飛来物による被害は、外装材の直接的な被害だけでなく、室内圧の変化による他の外装材の破損や構造骨組の損傷、雨水浸入による家財の被害まで連鎖することが少なくない。飛来物の飛跡に関する研究対象は、塊状、平板状、棒状の3つに分類することができるが、棒状の飛跡に関する研究はほとんど見られない。建築物から飛散した物体の到達範囲については立川らによる研究成果があり、設計への応用が可能である。

飛来物の衝突に対する基規準は日本にはないが、アメリカではASCE 7-05に飛来物に対する防御の規定があり、開口部の防御を法律で規制している州もある。建築物外装材の飛来物に対する耐衝撃性能試験法は日本にはないが、アメリカではASTM E1886-04に決められており、多くの基規準でこの試験法を採用している。ASTM

E1886-04 では、加撃体として小石を想定した鉄球と建築物の構造体を想定した2×4木材の2種類を用いているが、日本での飛来物は瓦に代表される硬くて重いものが多くを占めているので、日本にあった試験方法を検討していく必要がある。飛来物による被害を軽減するためには、飛散物を発生させないことを優先して考慮すべきとの考えもあるが、設計風速に至らない風速で多くの被害が発生している現状から、個々の建築物の耐風性能を向上する努力を続けながら、飛来物は当然あるものとして防御する建築物も増やしていく必要がある。特に、警察署、消防署、病院などの重要施設は強風時にも活動が継続されなければならないので、法的に飛来物防御を義務付けることが望ましい、と説明があった。最後に、日本にあった試験方法の確立に向けて、丸山らが試作した耐衝撃性能試験用エアークannonを用いた角材によるガラス材への加撃試験のビデオが紹介された。

4. 質疑応答

主題説明に引き続いて質疑応答が行われた。会場から、「意匠設計者、外装材製造業者とも外装材用風荷重に対する理解度にはバラツキがあり、そのような状況で、全ての責任を（構造）設計者に委ねられるのは荷が重過ぎる」という意見があった。西村より「大変であることは理解できるが、がんばって頂くしかない。学会としては、設計者が合理的に設計できる耐風設計資料を整備していく」との回答があった。また、会場の東京工芸大学の田村教授より、「関係法令で規定されている以上、構造設計者に責任が行くことはやむをえないのでは」とのコメントがあった。

会場から、「シンポジウム資料中の風力係数を実際の建築物の耐風設計に用いても問題ないか？法律違反にならないか？」との質問があった。奥田より「ケースバイケースで何とも言えないが、時間を頂いて基規準に反映していきたい」、西村より「基準法では風洞実験による風力係数の決定は認められており、実験条件等が適切であれば、使えると思うが、最終的には建築主事の判断になる」と回答があった。

会場から、「屋上目隠しパネルの風力係数に関して、シンポジウム資料では高層建築物の例が示されているが、中低層建物の場合はどうでしょうか？」との質問があった。染川より「屋根面の負の外圧係数が大きくなるので、一般部、隅角部ともに高層の場合よりも風力係数は大きくなる可能性がある」との回答があった。

5. まとめ

最後に、植松がシンポジウムのまとめを行った。本シンポジウムの資料は、次の荷重指針に向けて、耐風設計資料を充実させていく過程でとりまとめたものであり、今後、設計者や外装材メーカーの意見を聞きながら、ブラッシュアップしていきたい。本資料に示された風力係数は、すぐに設計に使えるような形にはなっていないものもあるので、実験条件をよく吟味した上で使用して頂きたい。今後の課題としては、個々の部材ではなく、アセンブリ（組み合わせられた製品）に対する評価が必要であること、耐風性能評価はメーカーによってバラツキがあり、共通認識が必要であること、が挙げられ、シンポジウムは閉会された。

Photo. 3 まとめ風景