

1) 構造研究グループ

1) - 3 建築物の外装材に作用する風力と実変動風圧を用いた外装材の耐風性評価手法の検討【安全・安心】

Methods for Evaluating the Wind Resistance of Building Cladding Materials Using Wind Forces and Realistic Wind Pressures

(研究開発期間 令和7年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

高舘 祐貴
Yuki TAKADATE

安永 隼平
Jumpei YASUNAGA

The primary objective of this study is to accurately evaluate the wind loads acting on low-rise buildings through wind tunnel testing and computational fluid dynamics (CFD) analysis. This evaluation is not only important as fundamental research for understanding the nature of the phenomenon, but also essential for identifying the conditions under which wind resistance tests should be conducted and for the widespread application of the results. The wind pressure applied to full-scale cladding materials using a full-scale dynamic wind pressure loading apparatus is determined based on data obtained from these wind tunnel experiments and CFD analyses. By applying realistic fluctuating wind pressure using this apparatus, the aim is to clarify the differences in the failure mechanisms of cladding materials compared to conventional loading methods, such as constant pressure or pulsating pressure, and to identify a loading method that yields equivalent results even when using conventional apparatus.

【研究開発の目的】

近年の台風や突風などで多くの建築物に被害が発生している。台風による強風は進路がある程度予測され、地震と比べて事前の対策ができる時間的な余裕があるにも関わらず、1つの強風イベントで支払い保険総額が数千億円から1兆円を超えるものもあり、被害による国内の経済損失は極めて大きい。

低層建築物の屋根瓦については令和2年に改正された告示基準及び補助制度によって強風災害低減のための一定の対策がなされたと考えられる。しかし、こうした基準や制度が変わってすぐに被害が低減するものではない。さらに、建築物の屋根瓦以外の多くの外装材でも強風被害は毎年のように発生している。強風による経済損失を低減するためには、被害が発生するより前に評価手法や制度を見直し、それによって建築物の耐風性能を高める必要があると考えられる。

これまで、建築物の外装材の耐風安全性の評価については、多くの民間及び公的機関で実施されているが、その手法として一定圧や脈動圧を用いた載荷が主に用いられてきた。建築研究所では令和5年3月に細かく変動する風圧(実変動風圧)を載荷することができる実大動風圧載荷試験装置を整備した。本装置を活用することで、従来の静的載荷と実変動風圧による外装材の破壊メカニズムを詳細に把握することができると考えられる。

本研究では、まず風洞実験や数値流体解析を通して低層建築物に作用する風荷重を精緻に評価する。荷重の精

緻な評価は現象の本質を理解するための基礎研究としても重要であるだけでなく、耐力試験の手法の適用条件の明確化や結果の幅広い応用をしていく上で重要になるものである。実大動風圧載荷装置で実物大の外装材に作用させる風圧はこれらの風洞実験や数値流体解析で得られたデータとする。実大動風圧載荷試験装置で実変動風圧を載荷することで、従来の一定圧や脈動圧のような載荷手法との外装材の破壊メカニズムの差を明らかにするとともに、従来の装置でも同等な結果が得られる載荷手法を明らかにすることを目的とする。

【研究開発の内容】

① 風洞実験及び数値流体解析の実施

乱流境界層風洞を用いた風洞実験及び数値流体解析を行うことで建築物に作用する風圧係数の時刻歴データを取得する。また、得られた時刻歴データより外装材等に作用する大きな負の風力(外装材を面外方向に剥がす風力)の発生メカニズムを明らかにする。局部負圧の測定には風圧測定点を壁面や屋根面に集中させた風洞模型が必要となる。対象とする建築物は主に低層建築物を想定しているが、模型製作における予算に余裕があれば帳壁や庇などの超高層建築物の外装材についても対象とすることを想定している。さらに、数値流体解析を用いた風荷重評価では従来の手法として用いられている有限体積法による検討に加えて、性能評価では明確に使用することが位置付けられていない格子ボルツマン法による検証も行うことで、性能評価に用いることのできる新たな解

析手法の検討も実施する。

② 実大動風圧载荷試験装置による建築物の外装材の耐力評価

①で得られた変動風圧の時空間分布を用いて 2m×2m の実物大の外装材を用いて実大動風圧载荷試験装置で载荷試験を実施する。実験には一定圧及び脈動圧での破壊試験に加えて、風洞実験または数値流体解析で取得した時刻歴データを使った実変動風圧载荷による破壊試験で両者による破壊メカニズムの違いを明らかにする。さらに、これまで多くの試験機関で使われてきた圧力箱式試験装置の载荷手法で実変動風圧载荷と同等となるような手法を検討する。

【研究開発の結果】

本年度は数値流体解析をメインとして検討を行った。建築物に作用する風圧係数を数値流体解析（格子ボルツマン法）によって評価し、その結果がこれまでの数値流体解析で求めているピーク外圧係数のクライテリアに収まることを示した（図1～3）。その成果を建築学会大会で一連の検討として公表した。

なお、本研究課題の担当者が本年9月に建築研究所を退職したため、当課題は本年度で終了することとした。

【参考文献】

- 1) 高館祐貴, 喜々津仁密, 奥田泰雄: 新たな機構で制御する実大動風圧载荷試験装置の性能評価, 日本建築学会技術報告集, Vol. 30, No 74, pp. 35 - 40, 2024
- 2) Yuki Takadate, Yasushi Uematsu: Wind force coefficients for designing open-type structures with flat roofs, Proceedings of EACWE 2025, 2025
- 3) Yuki Takadate, Hitomitsu Kikitsu, Yasuo Okuda: Wind Load Reduction for a Building Surrounded by Uniform-sized Buildings, Proceedings of APCWE10, 2025
- 4) 柴田良一, 溝口晶弘, 伊集院浩一, 田中英之, 今野大輔, 土屋直也, 高館祐貴: 格子ボルツマン法による風圧力の予測精度検証 その1 辺長比 D/B の異なる二次元角柱の LBM, 日本建築学会学術講演梗概集(構造 I), pp. 75 - 76, 2025
- 5) 今野大輔, 柴田良一, 高館祐貴, 伊集院浩一, 溝口晶弘, 土屋直也, 田中英之: 格子ボルツマン法による風圧力の予測精度検証 その2 二次元角柱周りの風圧分布の比較検討, 日本建築学会学術講演梗概集(構造 I), pp. 77 - 78, 2025
- 6) 高館祐貴, 田中英之, 伊集院浩一, 溝口晶弘, 柴田良一, 今野大輔, 土屋直也: 格子ボルツマン法による風圧力の予測精度検証 その3 単体角柱に作用する風荷重の評価と格子解像度の影響, 日本建築学会学術

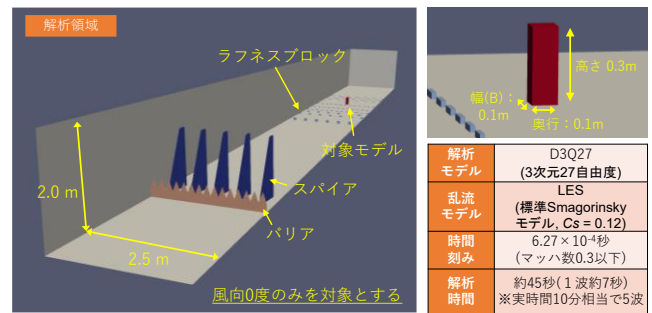


図1 解析のモデルと条件

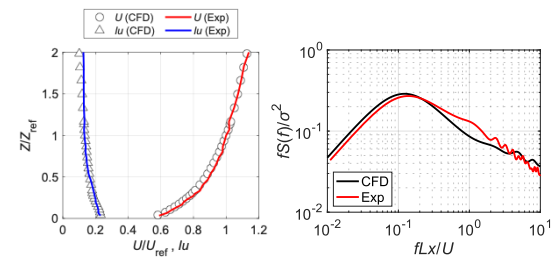


図2a 流入風の特徴 図2b パワースペクトル密度

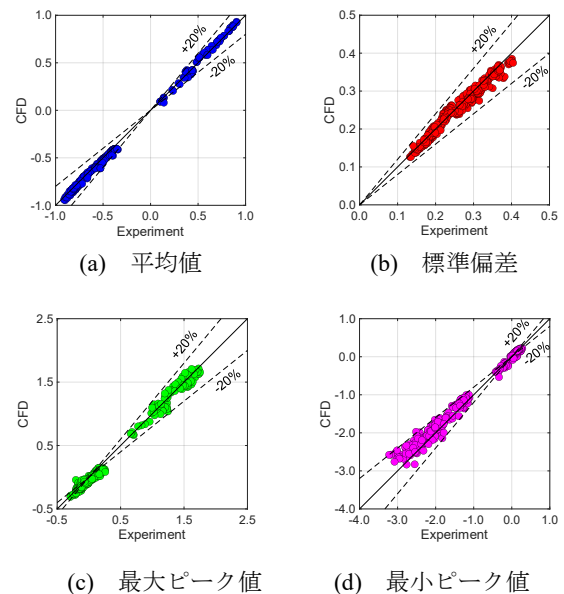


図3 統計量の比較（横軸：風洞実験，縦軸：流体解析）

講演梗概集(構造 I), pp. 79 - 80, 2025

- 7) 溝口晶弘, 柴田良一, 高館祐貴, 伊集院浩一, 田中英之, 土屋直也, 今野大輔: 格子ボルツマン法による風圧力の予測精度検証 その4 市街地内の角柱建物に作用する風荷重の評価と格子解像度の影響, 日本建築学会学術講演梗概集(構造 I), pp. 81 - 82, 2025
- 8) 田中英之, 柴田良一, 高館祐貴, 伊集院浩一, 溝口晶弘, 土屋直也, 今野大輔: 格子ボルツマン法による風圧力の予測精度検証 その5 気流条件と建物形状による影響, 日本建築学会学術講演梗概集(構造 I), pp. 83 - 84, 2025