

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 30 日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18155

研究課題名(和文) オーバーシュート風力を受ける建物の突風耐力の解明

研究課題名(英文) Study on the strength of a building subjected to overshoot wind force due to gusts

研究代表者

竹内 崇 (Takeuchi, Takashi)

神戸大学・工学研究科・助教

研究者番号：80624395

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、短時間で風速が急増する突風がもたらす、極めて大きな風力によって生じる建物構造部材に作用する力と、このような急激な载荷速度下での構造部材の耐力を数値流体計算と高速载荷実験により調べた。立ち上がり時間の短い突風下の建物について、数値流体計算により得られるオーバーシュート風圧力の分布特性を用いて、垂木に作用する力を明らかにすると共に、高速アクチュエータを用いて柱土台接合部を対象とした引抜試験を行い、接合部の耐力や剛性に及ぼす载荷速度の影響を明らかにした。

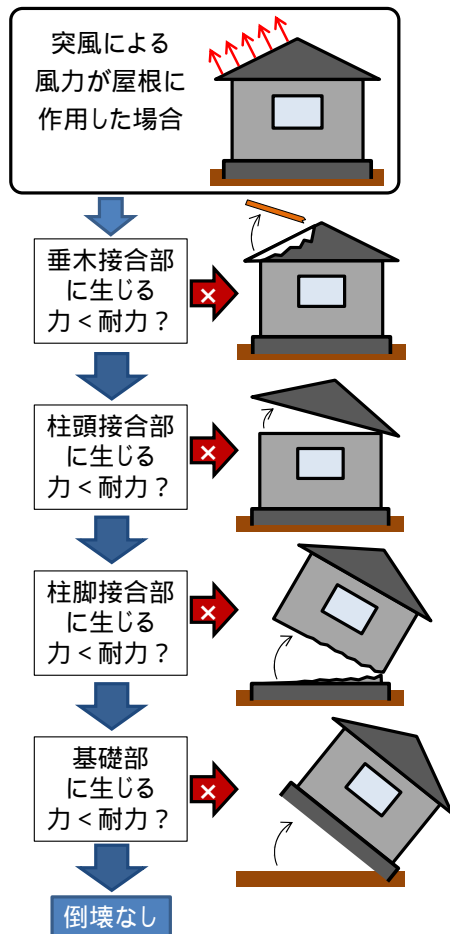
研究成果の概要(英文)：Unsteady force acting on structural elements of a building subjected to the overshoot wind force due to a short-rise-time gust and the effect of the loading rate of the unsteady wind force on the strength of the structural element were investigated using a CFD simulation and high speed cyclic loading tests. The characteristics of unsteady force acting on the rafters of a gable roof was clarified using the distribution of overshoot wind pressure simulated by the CFD simulation. And the effects of loading speed on stiffness and strength of a column-sill joint against pull-out were clarified using a high responsible actuator.

研究分野：耐風工学

キーワード：立ち上がり時間の短い突風 風力のオーバーシュート現象 数値流体計算 高速载荷

1. 研究開始当初の背景

竜巻などの突風による被害は、台風被害と比べて狭い範囲で生じるが、個々の建物の被害程度は大きく、甚大な被害に発展することがある。そのため突風被害低減に関する研究が注目されているが、突風風力には未解明な課題が多い。その一つに、突風下の建物に作用する「風力の非定常性」が挙げられる。竜巻やダウンバースト、あるいは台風や季節性強風下においては、短時間で風速が増加するいわゆる「立ち上がり時間の短い突風」が発生するが、このような立ち上がり時間の短い突風を受ける物体に作用する風力は、同じ風速値に風速がゆっくりと変化するときを生じる風力よりも大きいことが報告されており、この通常よりも大きな風力が作用する現象は「風力のオーバーシュート現象」と呼ばれており、これまでに、オーバーシュート現象の発生メカニズムやオーバーシュート風力の大きさに関する研究が行われている。一方で、「建物の被害の程度」に及ぼすオーバ



突風被害を防ぐために必要なこと

1. 非定常風力が作用した際に各構造部材に生じる力の把握
2. 短時間で外力が作用した際の各構造部材の耐力の把握

図1 各構造部位での力と耐力の関係により、損傷箇所が変化する

ーシュート現象の影響を明らかにするためには、オーバーシュート風力が建物構造部材(垂木、梁、柱、土台、基礎など)にどのように伝達するのかを明らかにする必要がある、そのためには、建物の表面におけるオーバーシュート風圧力の分布特性を高解像度で明らかにする必要がある。また、構造部材に生じる内力が保有耐力を超過することで、構造物の損傷が発生するが、突風による非定常な風力は静的荷重と異なり、短時間で急激に変化する突風風力の載荷速度の影響を考慮した上で、構造部材の保有耐力を正しく評価する必要がある(図1)。

2. 研究の目的

本研究は、短時間で風速が急増する突風がもたらす、極めて大きな風力(オーバーシュート風力)によって生じる建物構造部材に作用する力と、このような急激な載荷速度下での構造部材の耐力(突風耐力)を、数値流体計算と高速載荷実験により明らかにすることを目的とする。まず、立ち上がり時間の短い突風下の住宅形状物体におけるオーバーシュート風圧力の分布特性を解明し、木造住宅を想定した骨組に対して、屋根面に作用するオーバーシュート風圧力により骨組に作用する力を解析することで、各構造部材に生じる非定常力を解明する。そして、木造住宅の柱脚部を模擬した柱と土台と基礎の接合部の試験体を、接合金物を変数として作成し、高速載荷実験により、高速荷重あるいはオーバーシュート風力を模擬した荷重に対する接合部の保有耐力を明らかにする。

3. 研究の方法

【風速急変場の建物表面に作用する非定常風圧力の分布特性の解明】立ち上がり時間の短い突風下の建物に生じるオーバーシュート風圧力の分布特性を数値流体計算により明らかにする。数値流体計算は建物を模擬した物体周りの3次元流れ場に立ち上がり時間の短い突風を流入し、LESモデルを用いて解析を実施する(図2)。対象物体は、住宅形状物体とし、各モデルにおける表面の風圧力を高解像度で出力し、その分布特性を明らかにする。

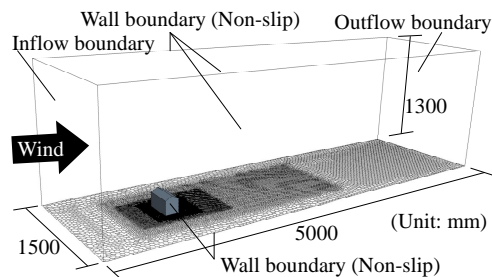


図2 数値流体計算モデル例

【風速急変場の建物の構造部材に発生する力の解明】立ち上がり時間の短い突風下で、

オーバーシュート風圧力が作用した際に、建物の構造部材に生じる力を明らかにする。建物は木造建築物を想定した骨組とし、まずオーバーシュート風圧力を支配面積で積分し、垂木に作用する力を算出し、オーバーシュート風圧力の時刻歴変化との比較検討と、オーバーシュート現象の影響を受けやすい部位の特定と分析を行う(図3)。

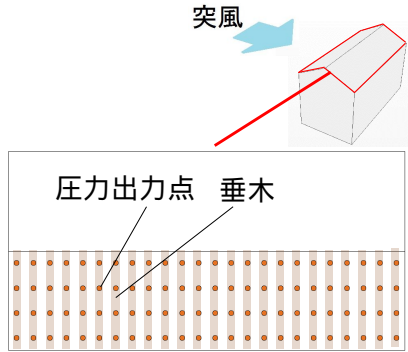


図3 垂木に作用する風力の算出

【木造構造物の柱脚接合部の耐力の解明】短時間で風速が急変した時に作用する非定常風力を模擬した荷重を高速載荷し、構造部位を模擬した接合部試験体の耐力を把握する。接合部試験体は柱と土台と基礎を模擬したモデルとする。壁倍率の大小に応じた接続金物を数種類選択して、各接合部において載荷速度が、耐力、変形性能および破壊状況に及ぼす影響を載荷実験により明らかにする(図4)。

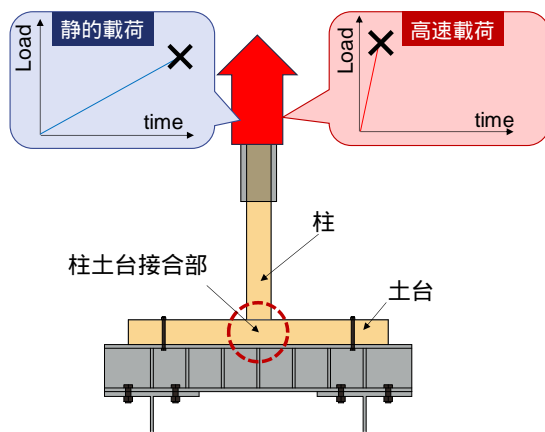
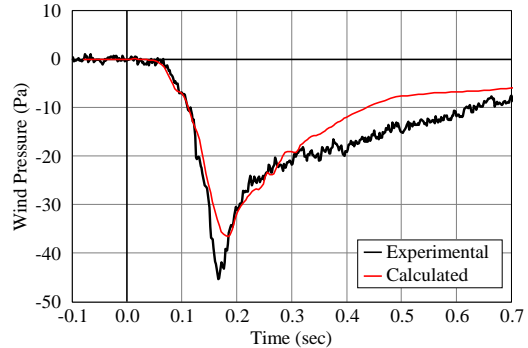


図4 柱土台接合部引き抜き試験概要

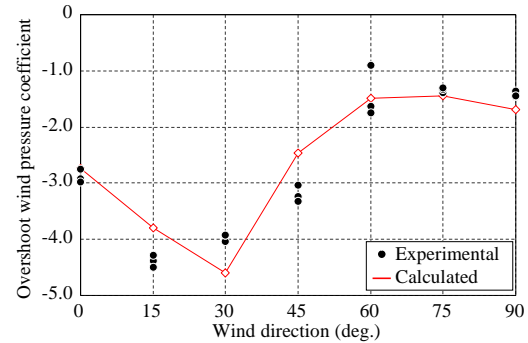
4. 研究成果

立ち上がり時間の短い突風下の建物に生じるオーバーシュート風圧力の分布特性に関して、陸屋根建物、切妻屋根建物、寄棟屋根建物を対象とし、風向角を変数とした数値流体計算を行い、各屋根形状でオーバーシュート風圧力の分布特性が異なり、大きなオーバーシュート現象が生じる風向角が屋根形状によって異なることを明らかにした。これは、オーバーシュート現象を生じる一因となる、風速の立ち上がり時に生じる非定常渦の発生位置が屋根形状と風向角によって異なる

ためである。また、突風風洞実験において得られたデータと比較し、実験結果と解析結果が概ね対応することを明らかにし(図5)、風洞実験においても建物模型のエッジから非定常渦が発生し、風向角や屋根形状によってその発生位置や負圧の大きさが異なることを示した。



a) 圧力の時刻歴波形の比較



b) ピーク圧力の風向角による変化の比較

図5 風洞実験結果と数値流体計算結果の比較

また立ち上がり時間の短い突風下の建物に生じる非定常風圧力に関して、実物大サイズの切妻屋根建物モデルを対象とした数値流体計算を行い、実物大サイズの場合においても、実大サイズの模型に作用する風力のオーバーシュート現象は、同じ無次元立ち上がり時間(t_r')での風洞サイズ模型に生じるオーバーシュート現象と同等であり、異なるサイズの物体においても、無次元立ち上がり時間によって非定常風圧力の大きさを評価できることを明らかにした(図6)。この結果は、実際の突風時の風圧力を、風洞実験結果を用いて推測可能であることを示唆している。

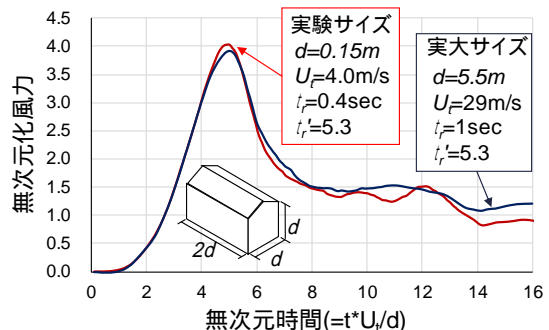


図6 無次元立ち上がり時間による整理

立ち上がり時間の短い突風下で、オーバーシュート風圧力が作用した際に、建物の小屋組みを構成する垂木に作用する非定常風力を分析した。屋根勾配は1/2勾配の場合と1/4の場合の2種類で検討し、屋根勾配が小さい場合(1/4の場合)は屋根面に作用する非定常風圧力の分布特性が陸屋根建物の場合に近くなることを示した。また、建物の小屋組みを構成する垂木に作用する非定常風力に及ぼす屋根勾配の影響を分析し、屋根勾配が大きい場合は風下屋根面における風上側ケラバ付近の垂木に特に大きな風力が作用するが、屋根勾配が小さい場合、風下屋根面の垂木に作用する風力が減少し、風上屋根面の垂木に作用する風力が大きくなることを明らかにした(図7)。今後、より様々な屋根勾配で検討することで、屋根勾配ごとの屋根の対突風性能の解明へと発展させることができると考えられる。

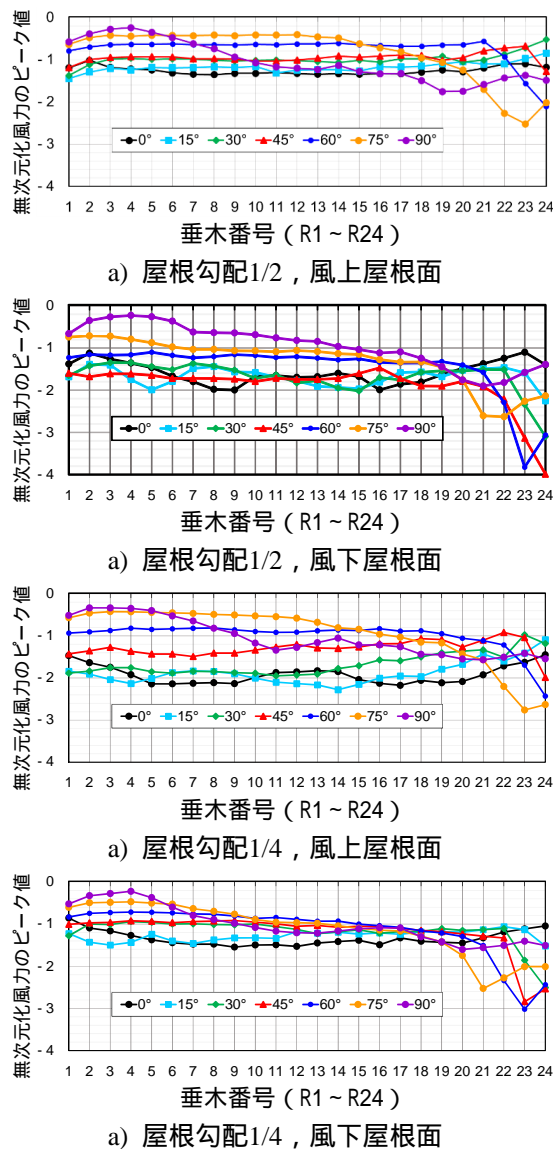


図7 各垂木の無次元化風力のピーク値
突風下での木造建築物の柱脚接合部の耐力を明らかにすることを目的として、動的ア

クチュエータを使用した高速載荷実験システムを構築し、長ぼぞ込み栓打ちの柱脚接合部の試験体に加え、山形プレートで接合した試験体、ホールダウン金物で接合した試験体に対して、載荷速度を変数とした実験を行い、各種接合部耐力に及ぼす載荷速度の影響を明らかにした。本研究で検討した接合部においては、剛性や最大耐力時の変形量に関しては、載荷速度による違いが見られたが、最大耐力や降伏耐力においてはほとんど差が見られなかった(図8)。今後、他の接合形式において、載荷速度の影響が見られないか確認を行う必要がある。

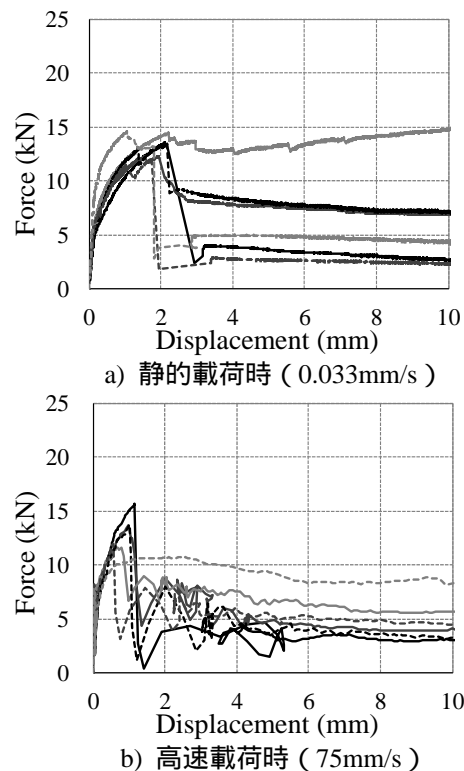


図8 柱-土台接合部の荷重変形関係
(長ぼぞ差し込み栓打ち接合)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4件)

川上綾太, 大坪和広, 前田潤滋, 竹内崇, 友清衣利子: 建物のオーバーシュート風圧力に及ぼす風向角の影響に関する実験的研究, 第24回風工学シンポジウム論文集, 査読有, pp.199-204, 2016年12月
Takashi TAKEUCHI, Junji MAEDA, Ryota KAWAKAMI, Naohiro TAKEUCHI: Effects of Wind Direction and Roof Shape on Unsteady Wind Pressure on a Low Rise Building under a Short-rise-time Gust, Proceedings of 8th International Colloquium on Bluff Body Aerodynamics and Applications, 査読有, 9pages, 2016.6.

Takashi TAKEUCHI, Junji MAEDA, Ryota KAWAKAMI, Kazuhiro OTSUBO, Naohiro TAKEUCHI: Unsteady Wind Pressure on A Low Rise Building Under A Short-Rise-Time Gust, Proceedings of 6th U.S.-Japan Workshop on Wind Engineering, 査読無, 10pages, 2016.5.
Takashi TAKEUCHI, Junji MAEDA: EFFECTS OF WIND DIRECTION ON PROPERTIES OF UNSTEADY WIND PRESSURE ON A GABLE ROOF BODY UNDER A SHORT-RISE-TIME GUST, Proceedings of 14th International Conference on Wind Engineering, 査読有, 9pages, 2015.6.

神戸大学・大学院工学研究科・助教
研究者番号：80624395

〔学会発表〕(計 6件)

竹内崇, 竹内直広, 孫玉平: 突風下の木造住宅の柱-土台接合部の引き抜き性能に及ぼす載荷速度の影響に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演会(中国), 2017年9月2日, 広島工業大学(広島)

竹内直広, 竹内崇, 孫玉平, 金容徹: 立ち上がり時間の短い突風を受ける建物の層風力の特性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演会(中国), 2017年9月1日, 広島工業大学(広島)

竹内崇, 竹内直広, 孫玉平, 前田潤滋: 木造住宅の柱-土台接合部の引き抜き性能に及ぼす載荷速度の影響に関する実験的研究, 平成29年度日本風工学会年次研究発表会, 2017年5月25日, 新潟工科大学(新潟)

川上綾太, 大坪和広, 竹内崇, 友清衣利子, 前田潤滋: ステップ関数的突風を受ける住宅の非正常風圧力特性に及ぼす風向角の影響に関する研究(その1 切妻屋根建物に対する実験的検討), 日本建築学会大会学術講演会(九州), 2016年8月26日, 福岡大学(福岡)

川上綾太, 竹内崇, 大坪和広, 友清衣利子, 前田潤滋: ステップ関数的突風を受ける住宅の非正常風圧力特性に及ぼす風向角の影響に関する研究(その2 屋根面のオーバーシュート風圧係数の分布に及ぼす風向角と屋根形状の影響), 日本建築学会大会学術講演会(九州), 2016年8月26日, 福岡大学(福岡)

竹内直広, 川上綾太, 竹内崇, 大坪和広, 友清衣利子, 前田潤滋, 孫玉平: ステップ関数的突風を受ける住宅の非正常風圧力特性に及ぼす風向角の影響に関する研究(その3 数値流体計算による検討), 日本建築学会大会学術講演会(九州), 2016年8月26日, 福岡大学(福岡)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹内 崇 (TAKEUCHI, Takashi)