

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月10日現在

機関番号：15201

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22560562

研究課題名（和文） 加速度センサーを用いた瓦の耐風設計と耐風性能評価に関する研究

研究課題名（英文） Study on Wind-Loading Mechanism of Tiled Roofs Using Acceleration Sensors

研究代表者

岡本 覚 (OKAMOTO SATORU)

島根大学・総合理工学研究科・教授

研究者番号：10204033

研究成果の概要（和文）：

屋根瓦の耐風性能や飛散に至る限界流速などのメカニズムを明らかにした。瓦の葺合せで出来る隙間から風の侵入が起こるため、瓦の耐風性能は屋根表面上の外部圧力分布と裏面下層部の内部圧力分布のバランスにより決まる。外部圧力分布は建物全体の流れ場と瓦形状に起因する局所的な流れの変化に依存するが、内部圧力分布は風が吹き込む裏面下層部の隙間に生ずる局所的な流れの影響を受ける。瓦の耐風性能は屋根表面上の外部圧力分布の臨界値では必ずしも決定出来ないことが分かった。

研究成果の概要（英文）：

The report presents conclusions on the critical wind loads of tiles on pitched roofs. Because of gaps between the roofing tiles, these types of roof tiles are wind permeable. The net wind load on roofing tile is determined by the external pressure distribution on the roof surface and the internal pressure distribution underneath the roof covering. The external pressure distribution depends on the building flow field and changes in the local flow due to the shape of the roofing tiles. The internal pressure distribution is influenced by the local direction with respect to gaps between the roofing tiles and the resistance of the flow underneath the permeable covering. The critical loading on a roofing tile did not necessarily occur for the critical external pressure distribution on the roof surface.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：流体工学，耐風設計，風洞実験，瓦，流体関連振動，加速度センサー

1. 研究開始当初の背景

1,400年以上の歴史を持つ瓦屋根はこれまで、多くの先人たちの知恵と工夫が経験的に

蓄積、継承され、今日の形状デザインや施工方法などに結実している。また、近年の建築基準法の改正により、瓦の耐風性能も力学に

基礎をおいた性能規定中心の体系に改められるようになった。しかし、このガイドラインでは、各地の基準風速を静的な風圧力に単純に換算した現場即応型の施工を主目的としたマニュアルである。標準の試験方法も、耐風圧力に対応した瓦の静的引張試験のみで、例えば、瓦の外形に起因する流体抵抗や揚力などの流体力学的な要因は全く考慮されていない。さらに、瓦の上面と下面に作用する静的な圧力のアンバランスにより瓦の飛散の有無、すなわち耐風性能が評価されてきたが、飛散する直前では瓦に特有の振動が生じることが明らかにされてきた。

このように、従来考慮されてこなかった動的な視点、すなわち、瓦が風の影響を受けて飛散する前兆現象に現れる動揺(がたつき、振動)に着目し、それらの原因を探求して有効な防災対策に反映させることを目的に研究を進めてきた。一方で、瓦屋根は瓦と下地材との間に隙間を有しており縮尺模型を用いた風洞実験を行うことが困難なため、多くの住宅に用いられているにもかかわらず瓦の耐風設計のための資料は少なく、瓦に作用する風力特性として風圧を自然風中で直接測定した風力係数が僅かにあるのみである。

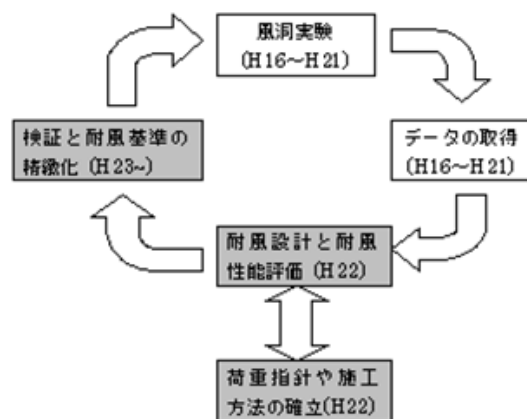
2. 研究の目的

1,400年以上の歴史を持つ瓦屋根はこれまで、多くの先人達の知恵と工夫が経験的に蓄積、継承され、今日の形状デザインや施工方法等に結実している。しかし、近年の建築基準法でも風速を単純に圧力に換算した静的な引張試験のみで耐風性能が評価され、例えば、瓦の外形に起因する流体抵抗や揚力などの流体力学的な要因は全く考慮されていない。本研究では、このように従来考慮されてこなかった動的な視点、すなわち、瓦が風の影響を受けて飛散する前兆現象に現れる振動に着目することにより、振動発生の原因を探求して有効な防災対策に反映させようとするものである。具体的には、従来の建築基準法及び荷重指針に示されている耐風基準を見直し、加速度センサーを用いて瓦の耐風設計や耐風性能評価基準などを確立することを目的としている。

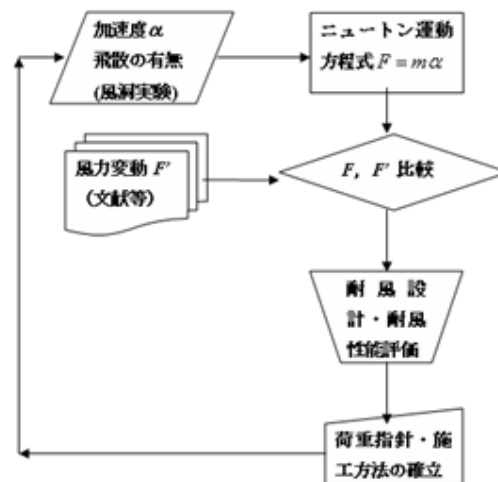
3. 研究の方法

平成16~21年度の研究成果により、瓦が飛散する直前には瓦の固有振動に起因した振動数が出現し、風速の増加とともに振動の振幅が増して瓦には“口開け”が生ずることが明らかとなっている。一旦、瓦に口開けが生ずると瓦に作用する風力が増加し最後には飛散へと繋がっていく。このように、加速度センサーを用いて得られた風力の変動成分と、他方、文献等で得られている風力係数より算定される荷重とを比較・検討すること

により、口開けが生ずる直前の風力を精査し、新たな耐風基準を提示して施工方法の改善等に反映することを目的としている。新たに得られた耐風基準を再度風洞実験により検証し、測定結果とズレが生じた場合には得られたデータを精緻化し、耐風基準を見直し完成度の高いものを作る。さらに、従来の瓦の施工方法を見直し、耐風性を考慮した新たなガイドラインの作成に結び付ける(付図1及び2参照)。



付図1 耐風設計と耐風性能評価



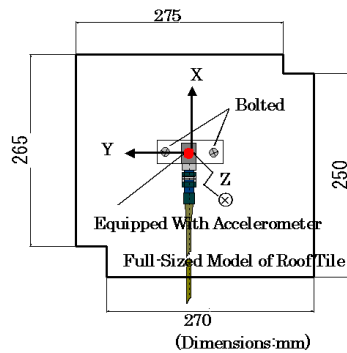
付図2 フローチャート

4. 研究成果

平成16~21年度に明らかとなった加速度センサーを用いて得られた風力の変動成分を、文献1で得られた風力係数より算定される荷重と比較・検討することにより口開けが生ずる直前の風力を算定し、新たな耐風基準を提示して施工方法の改善等に反映することを目的としている。加速度センサーから得られた加速度 α より、ニュートンの運動方程式

$$F = m \times a$$

ここで、 F ：瓦に働く変動力、 m ：瓦の質量から瓦に働く変動力と文献1で得られた風力係数から求められた荷重との比較検討を行い、加速度センサー（付図3）を用いて得られたデータから精査された耐風設計や耐風性能の評価を行った。また、従来得られている実験データの信頼性や精度を再度見直し、評価式に反映出来るか否かの仕分け作業も行った。



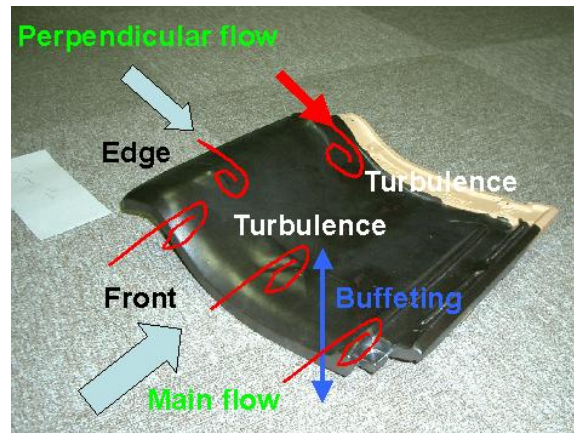
付図3 加速度センサーを付けた瓦

本研究では、風速を静的な風圧力に換算した従来の研究に対して、瓦の飛散の前兆現象である動的な振動に着目して行ったものである。すなわち、風洞実験により、瓦の飛散に最も大きな影響を及ぼすと考えられる比較的低い周波数の振動発生のメカニズムを明らかにした。具体的には、以下のことがわかった。

- (1) 瓦の飛散に影響を及ぼす屋根勾配の影響は、勾配が急になるにつれて、加速度の絶対値および変動の振幅も増加する傾向が新たに判明し、加速度情報を解析することにより屋根勾配の影響を再度確認することが出来た。
- (2) 飛散直前に現われる瓦の波うち現象が観察でき、隣接する2枚の瓦に作用する力が同期したり、位相がずれたりする現象を解析することが出来た。
- (3) 高速度ビデオカメラの映像解析により、飛散現象に最も大きな影響を及ぼす低周波数の振動数を同定することができ、瓦の挙動を支配する主な要因（外部圧力と内部圧力とのバランス）を明らかにすることが出来た。また、瓦に作用する力の発生メカニズムも明らかとなった。

また、加速度センサーを用いて得られたデータから精査された耐風設計や耐風性能の評価を行い（付図4）、従来得られている実験データの信頼性や精度を再度見直し、評価式に反映出来るか否かの仕分け作業を行った。

文献1：岡田ら：浮き上がりが生じた瓦に作用する風圧力の性状 実大建物による屋根瓦に作用する風力に関する研究その2，日本建築学会構造系論文集 622号，2007.



付図4 瓦の飛散のメカニズム

さらに、防災瓦の開発や施工方法の改善に求められる要因を分析し、その結果、瓦形状や施工方法を幾つか提案することが出来た。瓦の浮き上がりは幅方向または長さ方向の回転によるものがほとんどであるため、瓦の浮き上がり流速を遅らせ回転を抑える方策が必要である。例えば、①瓦の重なりからの流れ込みを防ぐための形状を加える、②瓦の幅方向のカーブに回転止めの形状を加える、③瓦の流れ方向の回転を防ぐために、現状の引っ掛けを大きくし、さらに栈木を挟む位置に新しい形状を加える、④瓦の重心位置を瓦左下端に片寄せさせる、等である。

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1件）

- ① S.Okamoto, Wind Effect on Vibration and Scattering Behavior of Japanese Roofing Tile, *IERI Procedia* Vol.1 (ISSN: 2212-6678), Elsevier B.V., pp. 53-58 (2012, 7). (査読有)

〔学会発表〕（計4件）

- ① S.Okamoto, Vibration and Scattering Monitoring of Japanese Roofing Tile by Accelerometer, *CD-ROM Proceedings of IEEE 2011 International Conference on Fluid Power and Mechatronics (FPM 2011)*, art. no. 6045724, pp.30-35, Beijing, China, August 17-20 2011, (ISBN:978-1-4244-8449-2). (査読有)

- ② S. Okamoto, Wind Effect on Vibration and Scattering Behavior of Japanese Slate, *CD-ROM Proceedings of 49th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA 2011-671*, pp.1-9, Orlando, Florida, USA, 4 - 7 January 2011.
(査読有)
- ③ S. Okamoto, Effect on Water Leak of Tiled Roofs by Wind Flow OVER JAPANESE Residence, *CD-ROM Proceedings of IMECE2010, 2010 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, The American Society of Mechanical Engineers, Vancouver, British Columbia, Canada, IMECE2010-37347*, pp.1-8, November 12-18, 2010. (査読有)

[図書] (計1件)

- ① Wind Tunnels, Edited by Satoru Okamoto, InTech (Croatia), (ISBN 978-953-307-295-1): S.Okamoto, Chapter 7 Experimental Study of Flow-Induced Vibrations and Scattering of Roof Tiles by Wind Tunnel Testing, pp.121-136 (2011.2). (査読有)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡本 覚 (OKAMOTO SATORU)
島根大学・総合理工学研究科・教授
研究者番号：10204033

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：