

1) 構造研究グループ

1) - 8 実大試験に基づく屋根ふき材や外装材等の被害発生メカニズムに関する研究【安全・安心】

A Feasibility Study on Mechanism of Damage to Roofing and Exterior Materials Based on Full-Scale Experiments

(研究開発期間 令和 4～6 年度)

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

高舘 祐貴
Yuki TAKADATE

奥田 泰雄(～R5 年度)
Yasuo OKUDA

A feasibility study was carried out using a full-scale severe storm generator (FSSG) and a full-scale dynamic wind pressure loading device (FDLD) to evaluate wind-induced damage to clay roof tiles and exterior materials. Wind pressures on clay roof tiles were measured under strong wind conditions using the FSSG. Subsequently, scattering experiments were performed on J-shaped tiles at representative wind directions to investigate their aerodynamic behavior. In addition, the basic performance of the FDLD was evaluated to clarify its capability to simulate dynamic wind loads. The results confirm that the device can effectively simulate wind-induced damage on roof tiles and suggest that the FDLD can enhance testing method for developing wind-resistant roofing and exterior materials.

【研究開発の目的】

近年、台風等による建築物の強風被害が多く発生している。令和元年房総半島台風では 7 万棟を超える住家被害が発生し、平成 30 年台風第 21 号では支払保険総額は 1 兆円を超える大規模な被害も発生した。建築物の強風被害は屋根ふき材や窓ガラス、外壁の損傷及び破壊といった建築物の外装材の被害が非常に多い。このような強風被害を軽減するためには、建築物の外装材の耐風性能を向上させることが重要である。本研究では、令和 2 年度に整備した実大強風雨発生装置を用いて屋根瓦の風圧測定および飛散実験を行うことで、令和 2 年 12 月に改正された昭和 46 年建設省告示第 109 号(告示 109 号)による屋根瓦の緊結方法が妥当であることを示す。それに加えて、令和 4 年度に整備した新たな試験装置である実大動風圧载荷試験装置の基本性能を示す。

【研究開発の内容・結果】

①実大強風雨発生装置を用いた実物大の屋根瓦に作用する風圧性状の把握および屋根瓦の破壊・飛散実験¹⁾

実験には令和 2 年に整備された実大強風雨発生装置を用いた。図 1 に実大強風雨発生装置の外観と屋根模型を示す。吹出口は幅 1m、高さ 2m のものを用いた。この時の最大風速は 65.6m/s である。風圧測定用の屋根瓦は、実物大の J 形瓦を 3D スキャンしたものを 3D プリンタで出力した。屋根瓦に作用する風力は図 2 のように屋根瓦の表面に作用する外圧と裏面に作用する裏面圧の差によって得られるため、表面に 12 点、裏面に 4 点の風圧測定点を配置して、荷重負担面積を考慮してそれぞれの面の

圧力とした。図 3 に装置のファンの回転数が 400rpm の時の 36 枚の屋根瓦に作用する平均風力係数分布を示す。風向が 0°の時に比べて、斜めからの風向の時に大きな負の風力が作用し、60°では風上側の軒先部付近で大きな負の風力が作用している。

これらの結果を踏まえて実物大の屋根瓦を用いて屋根瓦の飛散実験を実施した。表 1 に実験ケースを示す。実験ケースは告示 109 号に対応する全ての屋根瓦を緊結した仕様を Case 1、改正前の告示に対応した仕様で平部の瓦を防災瓦にしたものを Case 2、非防災瓦にしたものを Case 3 とした。実験風向は代表的な風向である 0°と 90°に加えて、回転数 700rpm の時に最も負の風力が大きくなった 55°の 3 風向とした。表 2 に J 形瓦の飛散実験の結果を示す。実験ではファンの回転数を 100 rpm から 950rpm まで 50rpm ずつ上昇させ、それぞれの回転数を 30 秒間維持した。令和 2 年に改正された現行基準では装置の最大出力(風速約 65m/s、ファンの回転数：950rpm)でも全ての条件で屋根瓦の脱落・飛散は見られなかったが、平部の緊結がない条件では図 4 のように一部の屋根瓦が脱落・飛散した。

新築を想定した実験に加えて、屋根瓦の施工当時は改正前の告示 109 号の基準に適合する形で施工されていたものの、緊結材の腐食や劣化に伴って、軒先、けらば、棟、平部のいずれの屋根瓦も無緊結となったことを想定した屋根瓦の飛散実験も実施した。図 5 に J 形瓦の飛散状況を示す。なお、実験では安全性を考慮して風向 0°の条件に限定した。この条件では風速約 40m/s に相当する



図1 実大強風雨発生装置の外観と屋根模型

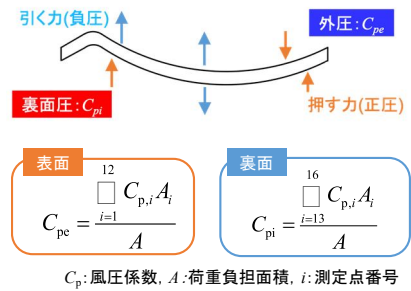


図2 屋根瓦に作用する風圧

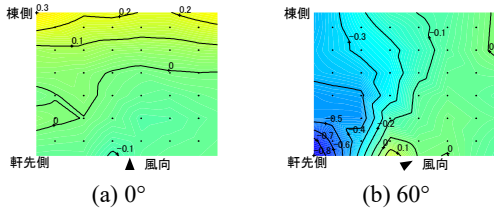


図3 平均風圧係数分布(400 rpm)

風速で一体的に飛散する結果となった。
②実大動風圧载荷試験装置等を用いた外装材の耐風性能評価²⁾

実大動風圧载荷試験装置は幅2m、高さ2mの大きさの外装材および屋根ふき材の水密性・気密性および耐風性を試験できるものとして令和4年度に整備された装置である。図6に装置の外観を示す。本装置は日本産業規格(JIS)に位置付けられている試験ができる「静的圧力载荷」, 「段階式圧力载荷」, 「脈動载荷」ができる性能を有するほか、従来の圧力箱式試験装置では実現できなかった「実変動風圧」を用いた载荷ができる性能を有するものである。図7に風洞実験で得られた風圧の時刻歴データを目標値とし、実大動風圧载荷試験装置の圧力箱内で測定した圧力(出力値)を示す。装置で出力された風圧は目標とした波形とほぼ一致している。

本装置は実現に近い変動風圧下での屋根ふき材や外装材の耐風性能の向上に資する試験ができる性能を有するものであるため、今後は载荷方法の違いによる破壊性状の変化や荷重と耐力の関係を明らかにする。

【参考文献】

1) 高舘祐貴, 奥田泰雄, 喜々津仁密: 実大強風雨発生装置を用いた実大スケールの屋根瓦の風圧測定及び飛散実験, 日本建築学会技術報告集, Vol. 31, No. 77,

表1 J形瓦とF形瓦の飛散実験ケース

実験ケース	屋根瓦の緊結状況
Case 1	防災瓦, 全数緊結(現行基準)
Case 2	防災瓦, 平部緊結なし
Case 3	非防災瓦, 平部緊結なし

表1 J形瓦の飛散時のファンの回転数(風速)

ケース	風向	屋根瓦の状況
Case 1	0°	飛散せず
	55°	飛散せず
	90°	飛散せず
Case 2	0°	飛散せず
	55°	750rpm (風速約 50 m/s)
	90°	飛散せず
Case 3	0°	飛散せず
	55°	750rpm (風速約 50 m/s)
	90°	飛散せず



図4 飛散実験時の屋根瓦の脱落・飛散状況

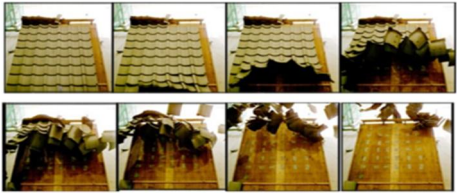


図5 J形瓦の飛散(非防災瓦, 無緊結, 桟木無し)

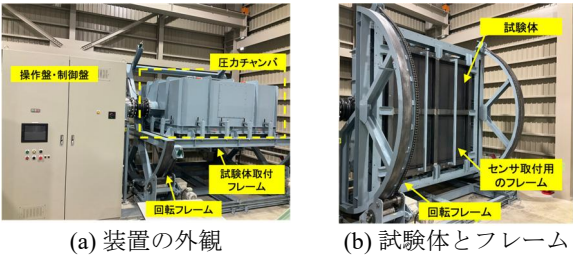


図6 実大動風圧载荷試験装置の外観

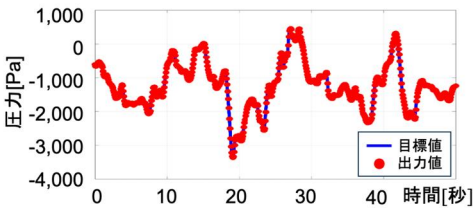


図7 変動風圧を用いた载荷テスト

pp. 121 – 126, 2025
2) 高舘祐貴, 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