

日米の戸建住宅における屋根葺き材の強風に対する安全性の比較

Comparison of Wind Resistance of Roof Coverings in Detached Houses in Japan and the United States

○立花桃音・奥川凜太郎・西嶋一欽

OMomone TACHIBANA・Rintaro OKUGAWA・Kazuyoshi NISHIJIMA

Strong wind damage to low-rise residential buildings remains an important issue in Japan. This study compares the wind resistance of Japanese disaster-resistant roof tiles with asphalt shingles used in FORTIFIED-certified houses in the United States. Wind safety is evaluated in terms of failure wind speed, annual probability of failure, and a safety margin based on the 100-year wind speed, assuming given deterministic resistances. Typical low-rise buildings in four cities in Japan and four cities in Florida are analyzed under standardized conditions. Under the considered conditions, Japanese disaster-resistant roof tiles exhibit higher wind safety than FORTIFIED-certified asphalt shingles.

1. はじめに

日本では強風災害が頻発しており、そのたびに多数の住宅被害が発生している^[1]。被害が十分に低減しない要因の一つとして、住民が自らの住宅の耐風性能を向上させるインセンティブを持ちにくいという制度的背景が指摘される。一方、アメリカには保険関連会社が支援する研究組織である IBHS (Insurance Institute for Business & Home Safety) が策定する「FORTIFIED」制度が存在し、その認定を受けることで保険料の割引などの経済的インセンティブを得られる。このような仕組みを導入することで、日本においても住宅の強風被害を低減できる可能性がある。

本研究は、「FORTIFIED」制度が想定する耐風性能の水準を明らかにすることを目的とし、日本における耐風性能の指標と比較することで、日米住宅に求められる耐力および信頼性の違いを整理する。特に、本報告では、低層住宅で強風被害が顕著な屋根葺き材に着目し、日本の瓦屋根およびアメリカのアスファルトシングル屋根を比較した結果を報告する。

2. 日米の屋根葺き材の耐風性能評価方法

評価指標: 下記に示す手順で算定した耐力(確定値)に対する、破壊発現風速、年破壊確率、ならびに100年再現風速に対する余裕度を用いる。

評価する住宅の選定: 日米いずれにおいても、屋根平均高さ7m、切妻屋根、屋根勾配20度の住宅を想定する。比較対象は、日米それぞれ4地点とする。日本については、典型的な戸建て住宅が立地する環境として、建築物がある程度密集した住宅地を想定し、地表面粗度区分Ⅲを採用する。アメリカについては、

隣家との距離が近く、住宅が密集している一般的な郊外住宅地を想定し、Exposure Bを採用する。

比較対象とする屋根葺き材: 瓦は、J形通常瓦および瓦屋根に関するガイドライン^[2]に基づくJ形防災瓦の2種類を比較に用いる。J形通常瓦は、岡田ら^[3]の調査結果を基に、2000年前後に工法が変更される以前において、調査対象の範囲内で全国的に最も標準的に用いられていたと考えられる工法である。

各瓦屋根について、単調引き上げ試験で得られた耐力の平均値 W_c [N/m^2]を表1に示す。なお、耐力水準の参考値として、鉄丸くぎによる緊結を行わない場合の瓦屋根の耐力も併記した。

表1 各建材の耐力

瓦の種類	緊結方法	緊結材		W_c [N/m^2]
		種類	寸法	
J形通常瓦	緊結なし	—	—	378
J形通常瓦	千鳥緊結	スクリュー釘	#12×L55	2757
J形防災瓦	全数緊結	ねじ	#9×L51	5851

一方、FORTIFIED ではアスファルトシングル屋根について、全等級に共通して「ASTM D3161 (Class F) または ASTM D7158 (Class H) の基準を満たすもの^[4]」が対象となる。ここでは、より高い耐風性能を有する ASTM D7158 Class H を比較対象とする。Class H の基本風速は、建材の10個のサンプルから得られた耐力の平均値に基づいて算定されたパラメータと対応付けられた指標として規定されている。以下では、日米それぞれの屋根葺き材について上記の耐力に示した平均値同士を対応させた比較を行う。

破壊発現風速の算定: 日本の瓦屋根の破壊発現風速は、「建築物荷重指針・同解説(2015)」(以下、荷重指針)^[5]に示される算定式に基づいて求めた。すなわ

ち、空気密度を 1.2kg/m^3 、屋根面のピーク風圧係数(平部、絶対値)を 2.4 すると、破壊発現風速は J 形通常瓦は 42.5m/s 、J 形防災瓦は 61.9m/s となった。

アメリカのアスファルトシングルについては、ASTM D7158 において Class H の基本風速が 150mph (地上高 10m、3 秒ガスト風速)として規定されている^[6]。同試験では Load Factor として $L = 1.6$ を用いて試験合格判定に用いる耐力を設定していることから、破壊発現風速は上記風速に \sqrt{L} を乗じた値とする。

次に、ASCE 7-10^[7]の規定に基づき、基準条件と本研究で用いる評価条件との差異について補正を行った。具体的には、ASTM D7158 Class H における風速の定義が「地上高 10m、Exposure C」に基づいているのに対し、本研究では「屋根高さ 7m、Exposure B」を評価対象としているため、高さの違いによる補正を行った。高さ補正係数を C_H とすると、ASCE 7-10 に基づ

き $C_H = \sqrt{2.01(Z/Z_g)^{2/\alpha}}$ により算定され、ここで Z_g は Exposure B における大気境界層の公称高さ[m]、 Z は評価する建築物の高さ[m]、 α は Exposure B におけるべき指数で、 $\alpha = 7.0$ である。また、日本では 10 分間平均風速が用いられるのに対し、アメリカでは 3 秒ガスト風速が用いられている。両者の定義を統一するため、3 秒ガスト風速から 10 分間平均風速への変換係数を $1/1.5$ とした。さらに、風速の単位を mph から m/s に変換するため、単位変換係数として 0.45 を乗じた。以上をまとめた変換係数を $k = 0.24$ と算定し、これを用いて ASTM D7158 Class H に相当する破壊発現風速を算定した結果、破壊発現風速は 45.6m/s となった。

風速ハザードの評価: 日本については、盛岡市、東京 23 区、京都市、鹿児島市を対象とし、荷重指針に示される基本風速、再現期間換算係数ならびに鉛直分布係数を用いて、それぞれの地点での屋根高さ、地表面粗度区分IIIにおける年最大風速の確率分布(グンベル分布)を得た。アメリカについては、Jacksonville、Orlando、Port St. Lucie、Miami を対象とし、ASCE Hazard Tool^[8]により再現期間別風速データを取得した。得られた風速データ(3 秒ガスト風速、高さ 10m)については、前節で定義した変換係数 k を適用し、10 分間平均および屋根高さ 7m での風速に換算した。アメリカの各都市については、再現期間と対応する風速のデータに対して、一般化極値分布を仮定し年最大風速の確率分布を得た。

年破壊確率の算定: 日本の各都市について、前述の方法で計算した通常瓦、防災瓦の破壊発現風速を年最大風速が超過する確率として、各瓦屋根の年破壊確率を計算する。アメリカの各都市についても同

様にアスファルトシングルの破壊発現風速を年最大風速が超過する確率として年破壊確率を計算する。

100 年再現風速に対する余裕度: 各地点における 100 年再現風速 U_{100} に対する屋根材の破壊発現風速 U_{lim} の比として余裕度 $\gamma = U_{lim}/U_{100}$ を計算する。

3. 結果と考察

2 章で算出した結果より、日本のガイドラインに基づく J 形防災瓦 (61.9m/s) は、アメリカの FORTIFIED 認定基準に基づくアスファルトシングル (45.6m/s) よりも大きな破壊発現風速、J 形通常瓦 (42.5m/s) はそれよりも小さな破壊発現風速となった。図1に各地点における年超過確率および、屋根ふき材の年破壊確率を示す。また、余裕度を表 2 に示す。

表 2 日米各 4 地点における余裕度

	盛岡市	東京 23 区	京都市	鹿児島市
J 形防災瓦	2.65	2.21	2.49	1.99
J 形通常瓦	1.82	1.52	1.71	1.37

	Jacksonville	Orlando	Port St. Lucie	Miami
Class H	1.84	1.68	1.45	1.37

すべての地点において、防災瓦は FORTIFIED 認定住宅と比較して年破壊確率が小さく、余裕度 γ が大きい傾向を示した。以上の結果から、本検討の範囲に限定では、日本のメーカー基準による防災瓦は、FORTIFIED 認定住宅よりも高い耐風安全性を有すると考えられる。

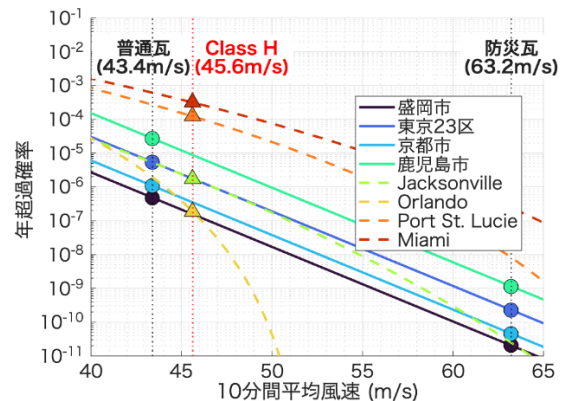


図 1 日米各 4 地点における年破壊確率

参考文献

- [1] 西嶋一欽, 友清衣利子, 高橋徹, “近年の台風による住宅への強風被害の現状とリスク低減のための提案—台風 2018 年 21 号と 2019 年 15 号の調査結果を踏まえて—”, 京大防災研究所年報, 63 号 A, p.101-106. [2] 国土交通省国土制作技術総合研究所, 国立研究開発法人建築研究所 監修, 社団法人 全日本瓦工事業連盟, 全国陶器瓦工業連合会, 全国厚形スレート組合連合会, “2021 年改訂版 瓦屋根標準設計・施工ガイドライン”, 2021. [3] 岡田恒, 喜々津仁密, “工法の実態調査及び引き上げ試験に基づく瓦屋根の耐風性能評価”, 日本建築学会構造系論文集, 2005 年, 596 号, p.9-16. [4] Insurance Institute for Business & Home Safety, 2020 FORTIFIED Home™ Standard, 2020. [5] 日本建築学会, “建築物荷重指針・同解説”, 2015. [6] ASTM International, ASTM D7158, “Standard Test Method for Wind Resistance of Asphalt Shingles (Uplift Force/Uplift Resistance Method)”, 2024. [7] American Society of Civil Engineers (ASCE), “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI 7-10)”, 2010. [8] American Society of Civil Engineers (ASCE), “ASCE 7 Hazard Tool”, 2025.