

開発途上国におけるトタン屋根被害に着目した屋根緊結部改善策の費用対効果 Costs and Benefits for Improvement Measures on Roof Fasteners in Developing Countries Focusing Galvanized Iron Sheet Roof Damages

○三浦史樹・西嶋一欽

○Fumiki MIURA, Kazuyoshi NISHIJIMA

Failures of roofing materials are one of the major damages to buildings in developing countries. These buildings are often built by non-experts with little engineering intervention. Whereas manuals for safer non-engineered constructions are being published, these do not clarify the target reliability levels that the manuals intend nor provide those use the manuals with options regarding target reliability of buildings. This study aims at developing a system, with which users can know the specifications regarding roofing design according to the target reliability they choose. By using such a system, users can recognize the cost effectiveness of the upgrading of roofing design.

1. はじめに

東南アジアの開発途上国において、一般住宅や学校建物の屋根ふき材が強風により剥離する被害が多数報告されている[1]。これは、工学的な知見に乏しい施工者によって建物が施工されるケースが多く、屋根ふき材に十分な安全性が確保されていないことに起因すると考えられる。このような被害を低減するために、例えば国際世界赤十字では開発途上国で多く用いられている波型トタン板を用いた屋根葺きの具体的な施工方法に関するマニュアルを提供している[2]。一方、減災への投資判断をする際には投資費用に対する効果を説得力のある形で提供することが重要であるが、上記マニュアルはどのような信頼性を目標としているのかを示していない上に、マニュアルの利用者が主体的に設定した目標信頼性に応じた仕様を提供するものではない。従って、任意の目標信頼性を達成するために必要な投資費用およびその費用対効果が不明である。

そこで、本研究では屋根ふき材(波型トタン板)および緊結部に着目し、目標とする信頼性が与えられた際に、その目標信頼性を実現する屋根ふき材緊結部の設計クライテリアを提供するための一連の仕組みを構築することを目的とする。本稿では、そのような仕組みを実現するための理論的背景、データベースの作成およびその仕組みを利用した設計クライテリアの算定例を報告する。

2. 方法論

本研究では上記の仕組みを実現するために信頼性理論に基づく設計法(信頼性設計手法)を用い

る。具体的には、緊結部の主要破壊モードに対する破壊確率が許容値以下(=目標信頼性以上)となるように設計する。このとき、設計クライテリアは以下の式で表現される。

$$\psi_R(\beta_T)\mu_R > \psi_S(\beta_T)\mu_S \quad (1)$$

ここで、

$$\psi_R(\beta_T) = \exp(-\alpha_R \xi_R \beta_T) / \sqrt{1 + V_R^2} \quad (2)$$

$$\psi_S(\beta_T) = \exp(-\alpha_S \xi_S \beta_T) / \sqrt{1 + V_S^2} \quad (3)$$

である。式中において、 V_R 、 V_S はそれぞれ対数正規分布で近似した耐力 R 、荷重効果 S の変動係数、 α_R 、 α_S はそれぞれ R 、 S の分離係数、 ξ_R 、 ξ_S はそれぞれ R 、 S の対数標準偏差、 β_T は供用期間 T における目標信頼性である。なお、荷重効果 S は、供用期間中の最大風速 V 、ピーク風圧係数 \widehat{C}_p 、空気密度 ρ 、緊結部1か所が負担する面積 A を用いて以下の式で与えられる。

$$S = \frac{1}{2} \rho V^2 \widehat{C}_p A \quad (4)$$

上記の式(1)から(3)に基づいて、緊結部1か所が負担する面積について設計クライテリアを求めると式(5)となる。

$$A < \mu_R \frac{\psi_R(\beta_T)}{\psi_S(\beta_T)} \frac{2}{\rho} e^{-(2\lambda_V + \lambda_{\widehat{C}_p} + 2\xi_V^2 + \xi_{\widehat{C}_p}^2)} \quad (5)$$

なお、式(5)中の λ および ξ は下付き記号が表す確率変数の対数平均および対数標準偏差である

以上の理論的考察に基づき、耐力および荷重効果に関する確率変数の確率分布に関するデータベースをあらかじめ構築しておけば、設計に関す

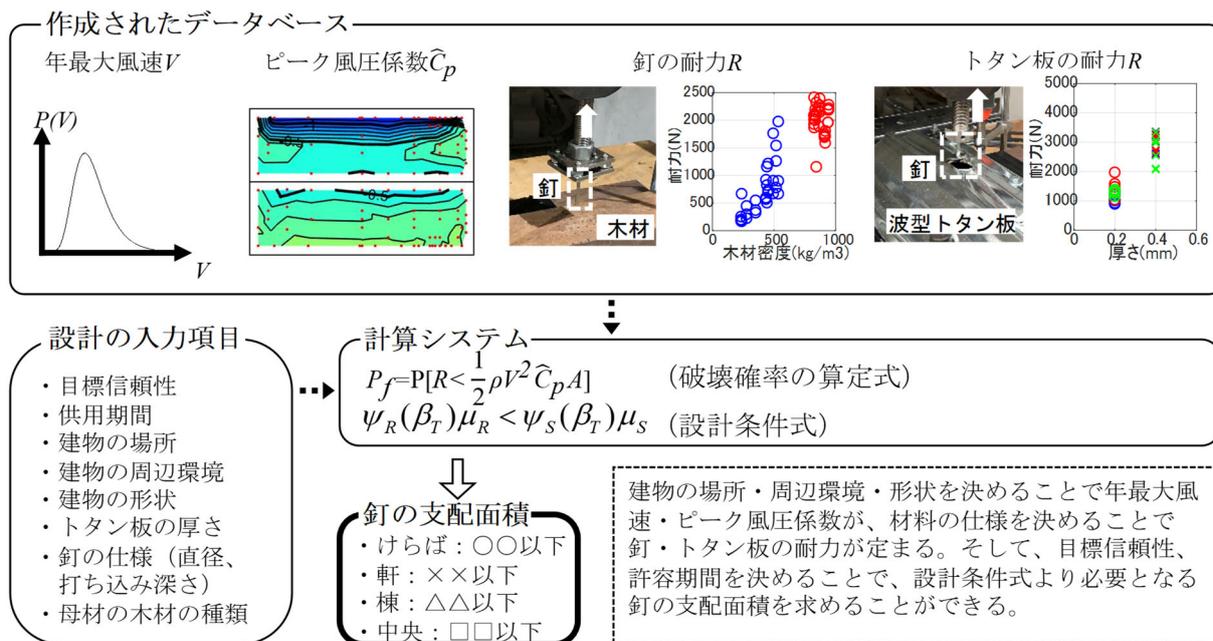


図1 釘の緊結間隔を提示する概念図

る諸元および目標信頼性に応じて許容される緊結部1か所あたりの負担面積を算出することができる。図1に構築する仕組みを示す。

3. 荷重効果と耐力の確率分布推定

3. 1. 荷重効果

荷重効果は式(4)に基づいて算出される。供用期間中の最大風速の確率分布は、対象地点ごとに確率台風シミュレーションあるいは他の統計手法により推定する。ピーク風圧係数の確率分布は建物の形状ごとに風洞実験により推定する。一部既存のデータベースを活用する[3]。なお、耐風設計で一般的に用いられている「ピーク風圧係数」はピーク風圧係数の平均値のことであるが、ここではピーク風圧係数を確率変数と考えている。

3. 2. 耐力

本研究では、屋根ふき材の主要な破壊モードとして、釘の引き抜けおよび釘の頭抜けを考える。耐力の確率分布はそれぞれの破壊モードごとに与えられる。耐力の確率分布は、母材の種類、緊結材（くぎ）の径や長さおよびトタン板の厚みごとに材料実験を行った結果をもとに推定する。図1（上）に実験装置の写真および実験により得られた結果の一部を示す。

4. 算定例

ここではフィリピン中部太平洋側に位置する住宅に対する算定結果を示す。対象住宅は、高さ4m、幅8m、奥行12m、屋根勾配は26.7°の切妻屋根を有する平屋住宅である。屋根支持部材にはココヤ

シ(平均密度397kg/m³)、釘には全長約65mm、胴部径3.9mm、頭部径20mmのもの、波型トタン板には厚さ約0.4mmのものを用いるとした。供用期間を20年とし、許容破壊確率を10%として、屋根各部において釘1本あたりの負担面積を算出した。図2に結果を示す。

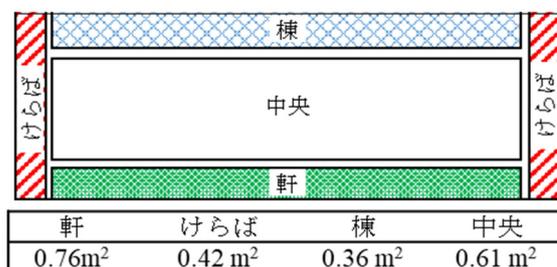


図2 屋根各部における釘1本あたりの許容負担面積

4. まとめ

目標信頼性を実現する屋根ふき材緊結部の設計クライテリアを提供するための一連のシステム構築を試み、その設計クライテリアの算定例を示した。

謝辞

本研究はJST SICORP (JASTIP) による支援を受けて行われた。参考文献

[1]西嶋一欽, 西村宏昭, 富阪和秀, 波岸彩子, “フィリピン中部のノンエンジニアド建築物の耐風性能評価 その1 手法と結果,” 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 199–200, 2015.

[2] International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, How to build safe roofs with corrugated galvanized iron (CGI) sheeting.

[3] TPU Aerodynamic Database.