

鋼製折板屋根葺き材の耐風設計支援システムを用いた 設計実験及び設計解評価

本田亮^{†2} 増本翔^{†1} 村田遼^{†1}
牛島祐樹^{†1} 原田幸一^{†3} 山成實^{†4}

本論文は、本研究に関連して構築された鋼製屋根葺き材の耐風設計システムを用いた設計解の吟味とそれから得られる設計解の傾向を容易に把握できることを示した。鋼製屋根葺き材の耐風設計は建築構造設計の一次設計に属するものであるが、主架構である骨組の構造設計とは異なり、屋根形状、屋根の高さ、屋根勾配や屋根内の局所風に対する吟味が必要である。設計解を一度に得る手法を用いることで、解の吟味が容易に行えることを示した。

Performance Test of Computer-assisted Structural Design System of Folded Steel Roof

RYO HONDA^{†2} SHO MASUMOTO^{†1} RYO MURATA^{†1}
YUKI USHIJIMA^{†1} KOUICHI HARADA^{†3} MINORU YAMANARI^{†4}

This paper describes an examination on design solutions obtained with the structural design system of wind-resistant design of roofs concerned with a series of researches by the authors. The system is developed for education of wind-resistant design of steel folded roofs and has a unique architecture. The wind-resistant design belongs to the first stage of design the rules in Japan and is an inevitable design process in structural design of a building. The value of the wind load depends on the shape, the height and the gradient of the roof. In addition, it changes in conjunction with the portion in the roof. The paper presented that the system is useful because the solutions can be obtained in one process.

1. はじめに

本論文では、既存の研究で構築した耐風設計支援システムを用いて設計実験を行い、折板屋根の耐風性能を調査する。経験的知識のない初学者は、建物の規模や形状が設計にどの程度の影響を与えるかを事前に知っておくことで、設計解にある程度の目星をつけることができ、設計を効率よく行うことができる。システムを用いる際に性能を提供することが、設計の補助になることを期待する。

ここでは建物の高さや屋根勾配について調べる。これらは建物の設計の概形を決めるもので、後の設計にも影響を与えるため簡単には変更することができない。そのため、経験的知識のない初学者には容易に判断し難い。よって、この建物の高さや屋根勾配を折板屋根の耐風性能を示すパラメータの一部であると考え、設計者に提供する。

2. 設計例

構築した鋼製折板葺き屋根の耐風設計システムを用いて設計例を示し、設計解に対する評価を行う。

表1 設計例の入力情報

建物の情報	建物の平均高さ (m)	8	
	屋根勾配 (度)	5	
	建物の平面長さ (m)	X方向	48
		Y方向	24
	軒出の長さ (m)	0.8	
	帳壁の高さ (m)	7.5	
	支持スパン (m)	4	
	局所の補強梁の有無	有	
建物形式	閉鎖型		
周辺情報	基準風速 (m/s)	34	
	地表面粗度区分	II	

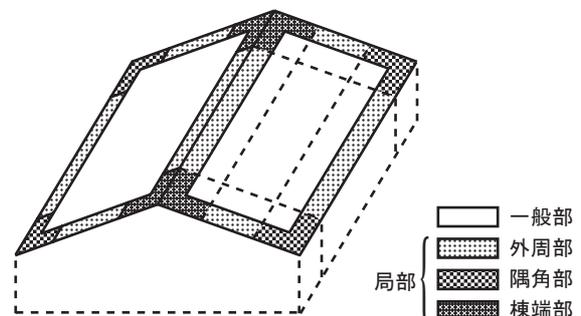


図1 切妻屋根面の部位構成

2.1 設計条件

鋼製折板葺き屋根の設計に必要な入力情報を表1に示す。ここで局所の補強について説明する。屋根の耐風設計では、

†1 熊本大学大学院自然科学研究科 大学院生
Graduate Student, Graduate School of Science and Technology, Kumamoto Univ.

†2 熊本大学工学部 学部生
Undergraduate, Faculty of Engineering, Kumamoto Univ.

†3 u.h アーキテクト 代表取締役・工博
CEO, u.h architects, Dr. Eng.

†4 熊本大学大学院自然科学研究科 准教授・工博
Assoc. Prof., Graduate School of Science and Technology, Kumamoto Univ., Dr. Eng.

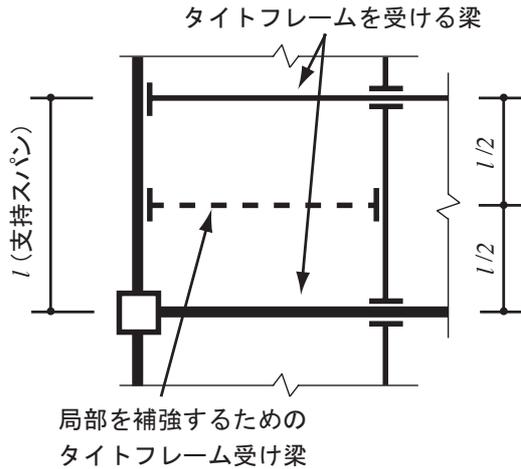


図2 局部の補強

屋根面の部位によって風荷重が異なるため、部位ごとに耐風性能を検討する必要がある。図1に屋根の部位について示す。本研究では、屋根面の中央部分を一般部、その周りの部位をまとめて局部と呼称する。局部に作用する風荷重は、局部を構成する各部位に作用する風荷重の中で最大のものを採用しており、一般部に作用する風荷重よりも大きくなる。そのため、局部では梁を増やして風荷重に適切な支持スパンにする必要がある。図2に局部の補強について示す。この入力情報を入力することにより、折板の断面情報を含むデザインカタログから設計解を複数出力する。

2.2 設計解の評価

鋼製折板葺き屋根の耐風設計の設計解について評価を行

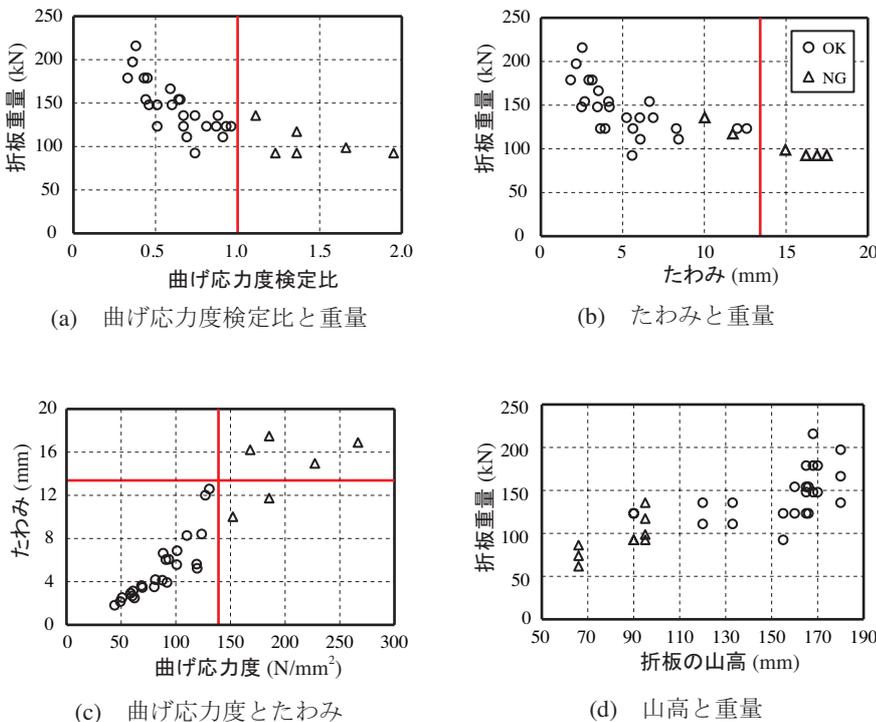


図3 一般部の設計解

う。本システムは、異なる評価軸のグラフを各部位ごとに表示する。そのため、必然的にグラフの数が多くなる。ここでは設計解の傾向を知るためにこの設計条件下での設計判定部位であった一般部のみに注目することにする。図3に一般部のグラフを示す。折板重量と折板に作用する曲げ応力度検定比の関係を同図(a)、折板重量と折板のたわみの関係を同図(b)、曲げ応力度とたわみの関係を同図(c)、折板重量と折板の山高の関係を同図(d)に示す。また、各グラフで設計判定がなされる値を赤線で表示している。この赤線を設計判定線と呼ぶことにする。

同図(a), (b)では設計解が右下がり分布していることから、折板の曲げ応力度とたわみは折板重量が影響することが分かる。

同図(c)では設計解は右上がり分布してはいるがやや曲げ応力度側に傾いており、さらに設計不可の解に注目してみると、曲げ応力度の設計判定線を超えているがたわみの設計判定線を超えていない解がいくつか存在していることが分かる。これらのことから、この設計は曲げ応力度によって決定していることが分かる。

同図(d)では設計解は右上がり分布していることから、折板の山高が大きくなると折板重量は大きくなる。同図(a), (b)の設計解の傾向と併せて見ると、山高の大きさと折板の強度は概ね比例関係にある。

3. 設計実験

3.1 設計概要

構築した設計システムを用いて設計実験を行い、鋼製折

板葺き屋根の耐風性能を調査する。経験的知識のない初学者は、建物の規模や形状が設計にどの程度の影響を与えるかを事前に知っておくことで、設計解にある程度の目星をつけることができ、設計を効率よく行うことができる。システムを用いる際に性能を提供することが、設計の補助になることを期待する。

ここでは建物の高さや屋根勾配について調べる。これらは意匠設計の段階で決まるもので、その設計条件の下での種類の折板を用いれば良いかは経験的知識のない初学者には容易に判断し難い。よって、この建物の高さや屋根勾配を鋼製折板葺き屋根の耐風性能を示すパラメータの一部であると考え、設計者に提供する。

3.2 調査方法

屋根勾配 θ と建物の平均高さ H を変化させ、それによる設計可能な解の数

の変化で鋼製折板葺き屋根の耐風性能を調査する。表2に設計実験に用いる入力情報を示す。屋根勾配は、折板を屋根葺き材として用いる際の最低勾配である 3/100、すなわち 1.72度を最低値とし、2度以降を1度刻みで変化させる。建物の平均高さは 2.5m 刻みで変化させる。設計に提供される葺板の総数は 33 個である。それらを用いて局部の補強の有無、建物形式を区別した設計調査を行った。

表2 設計実験の入力情報

		屋根勾配を変化	平均高さを変化	
建物の情報	建物の平均高さ (m)	8	2.5 ~ 25	
	屋根勾配 (度)	1.72 ~ 45	5	
	建物の平面長さ (m)	X方向	48	48
		Y方向	24	24
	軒出の長さ (m)	0	0	
	帳壁の高さ (m)	考慮しない	考慮しない	
	支持スパン (m)	4	4	
	局部の補強梁の有無	有・無	有・無	
建物形式	閉鎖型・開放型	閉鎖型・開放型		
周辺情報	基準風速 (m/s)	34	34	
	地表面粗度区分	II	II	

3.3 調査結果

3.3.1 屋根勾配に対する設計可能な解の数

屋根勾配の変化による設計可能な解の数の変化を図4に示す。まず、局部の補強の有無で結果に大きく差が出ている。補強が有る場合は設計可能な解の数に変化はなく、補強が無い場合は屋根勾配の変化により設計可能な解の数は増減している。これは局部の補強の有無によって設計判定がなされる屋根の部位が変化するためである。ここで、一例として、折板 A に注目する。折板 A の詳細については表3、図5に示す。図6に折板 A の局部の補強が有る場合と無い場合での屋根勾配と曲げ応力度検定比の関係について示す。曲げ応力度検定比は設計の可否に大きく関わるものであり、これが大きい方の部位が屋根設計の設計判定部位となる。このことをふまえて図6を比べると、同図(a), (c)に示す局部の補強が有る場合は一般部で、同図(b), (d)に示す局部の補強が無い場合は局部で設計判定がなされていることが分かる。すなわち、局部の補強の有無によって設計判定部位が決定されるということが分かる。これは、局部の補強の有用性を示している。

次に、屋根勾配の変化に注目する。局部の補強が無い場合、屋根勾配が 10 度から 30 度の範囲で設計可能な解の数に変化が生じており、20 度のとき設計可能な解の数は一番少なくなっている。すなわち、屋根勾配が 20 度のとき、設計条件が一番厳しくなるということがわかる。詳しく見ると、設計可能な解の数は 10 度から 13 度付近の範囲で一度増加し、それより 20 度辺りまでは減少している。これは、局部の風荷重のとり方によるものである。図1で示すように、局部は外周部、隅角部、棟端部という3つの部位により構成されており、それぞれの部位に作用する風荷重の中で最大のものを局部の風荷重として採用している。屋根勾配とピーク外圧係数の関係を図7に示す。これは平成 12

年建設省告示第 1458 号で規定されている[1],[2]、切妻屋根面の負のピーク外圧係数をグラフ化したものである。ピーク外圧係数は、風荷重の算定に用いる風力係数の算定に関わる係数で、風荷重に大きく影響する。図7を見ると、屋根勾配が 10 度のときと 20 度のときでピーク外圧係数が最大になる部位が違うことが分かる。これらの部位のピーク外圧係数の大小が入れ替わるのが 13 度付近であり、これが設計可能な解の数の変化に現れていると考えられる。

また、一般部のピーク外圧係数に注目すると、一般部においてピーク外圧係数は屋根勾配の変化に影響されていないことがわかる。先に述べたように、局部の補強が有る場合は一般部によって設計判定がなされるが、一般部では屋根勾配の変化によるピーク外圧係数の変化、すなわち風荷重の変化は生じない。従って、局部の補強が有る場合は屋根勾配が変化しても曲げ応力度検定比は変わらず、設計可能な解の数は変わらない。

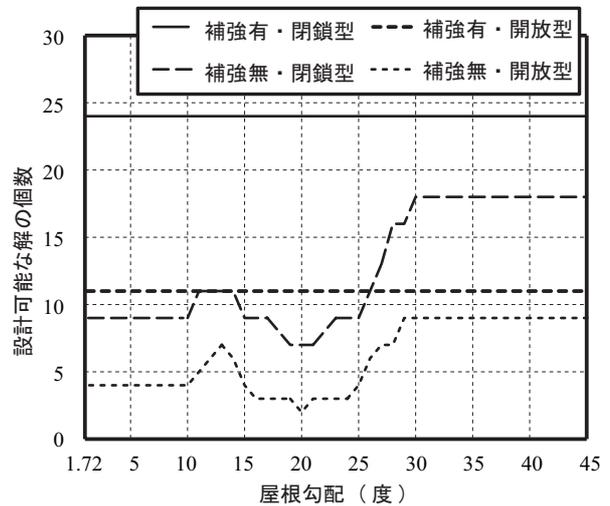


図4 屋根勾配に対する設計可能な解の数

表3 折板 A の寸法と断面性能

寸法	板厚 (mm)	0.8
	山高 (mm)	168
	山ピッチ (mm)	333
断面性能	断面二次モーメント (cm ⁴ /m)	282
	断面係数 (cm ³ /m)	32

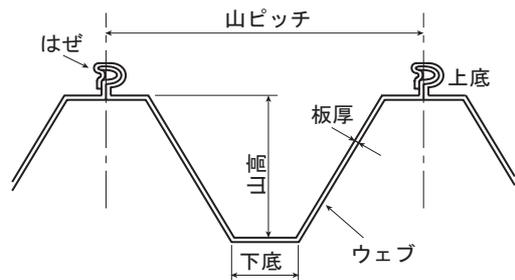


図5 折板の断面図

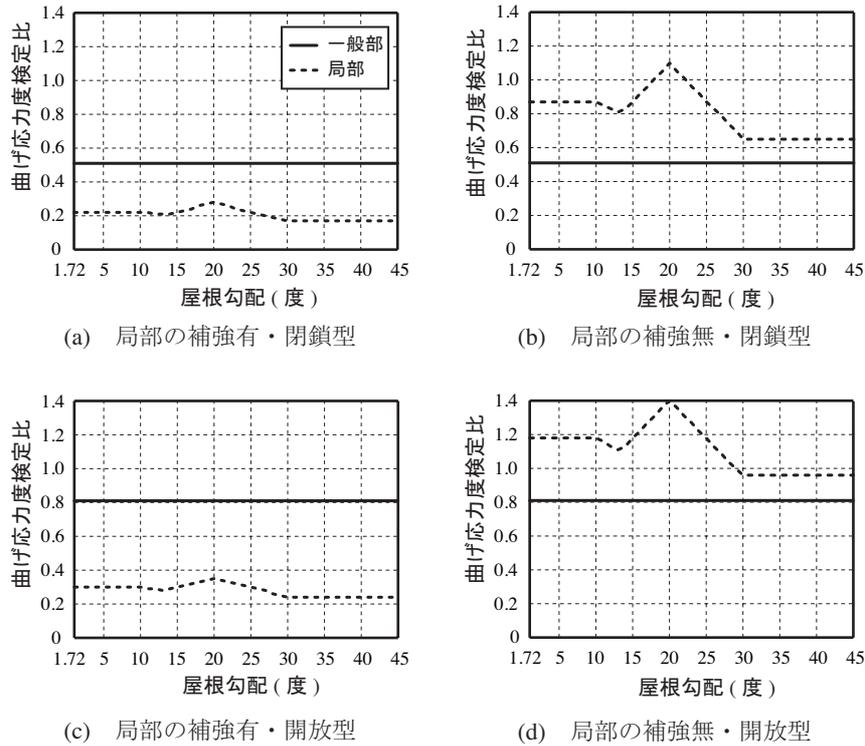


図6 屋根勾配と曲げ応力度検定比

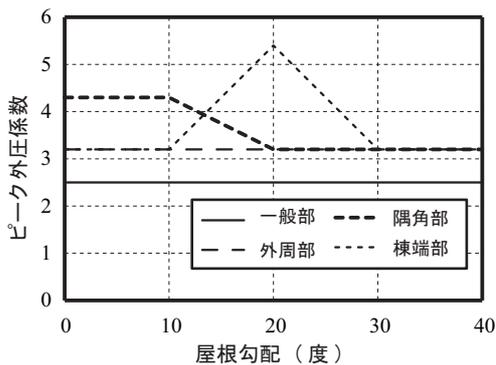


図7 屋根勾配とピーク外圧係数

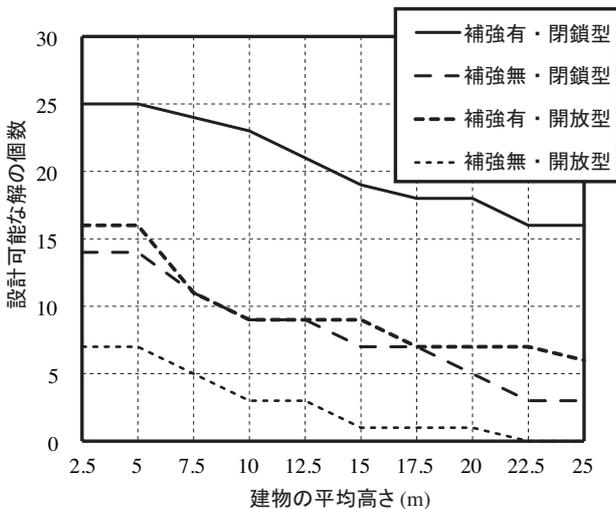


図8 建物の平均高さに対する設計可能な解の数

さらに、建物形式の変化にも注目して見る。図4より、局部の補強の有無に関わらず、閉鎖型に比べ開放型の方が設計可能な解の数は減少している。これは建物の内圧の変化により屋根面に作用する風荷重が増大したためであると考えられる。

3.3.2 建物の平均高さに対する設計可能な解の数

建物の平均高さの変化による設計可能な解の数の変化を図8に示す。建物の平均高さが5m以上になると、設計可能な解の個数は減少している。これは、建物の高さに比例して、風荷重が大きくなっているからであると考えられる。

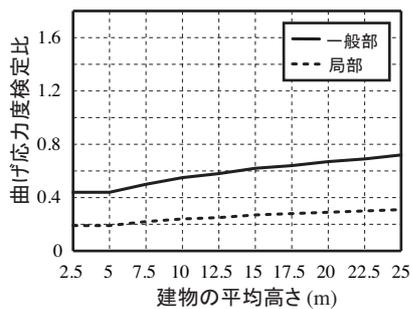
局部の補強の有無について、前節と同様に折板Aについて注目する。図9に折板Aの建物の平均高さと曲げ応力度検定比の関係について示す。同図より、前節の実験で得られた結果と同様の傾向が見られる。

また、建物形式の変化についても、前節と同様の結果が得られた。

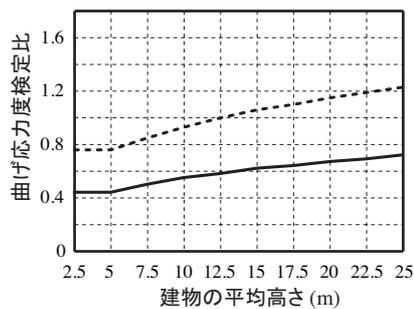
4. おわりに

本研究で構築した鋼製折板葺き屋根の耐風設計支援システムを用いて設計実験を行い、鋼製折板葺き屋根の耐風性能評価を行った。以下に鋼製折板葺き屋根の耐風設計の傾向について述べる。

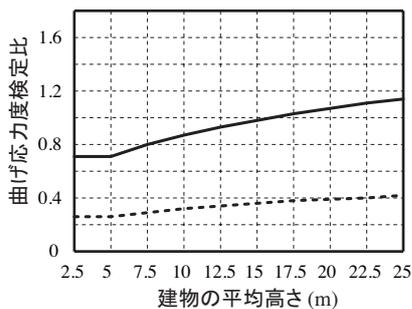
- 1) 屋根の部位によって作用する風荷重が異なり、局部の補強の有無によりどの部位で設計判定がなされるかが決定する。
- 2) 建物の平均高さが5m以上になると設計条件は厳しくなる。



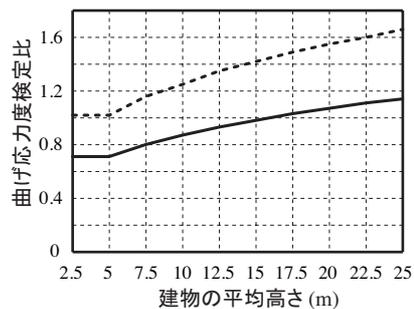
(a) 局部の補強有・閉鎖型



(b) 局部の補強無・閉鎖型



(c) 局部の補強有・開放型



(d) 局部の補強無・開放型

図9 建物の平均高さ と 曲げ応力度検定比

3) 局部の補強が無い場合，屋根勾配は 10 度から 30 度の範囲で設計に大きく影響する。

4) 建物形式によって設計に差が生じ，開放型の方が設計は厳しくなる。

参考文献

- 1) 国土交通省住宅局建築指導課：2007年版建築物の構造関係技術基準解説書，2007.8
- 2) 独立行政法人建築研究所：鋼板製屋根構法標準 SSR2007，2007