

ワイヤーロープを用いた高強度パイプハウス構造に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生会員 ○立田成信 徳島大学大学院 正会員 成行義文
徳農種苗 非会員 井上 健 徳農種苗 非会員 松本健嗣

1. はじめに パイプハウスは主に農業施設として利用されるが、強風や積雪による被災が後を絶たず、農業従事者の安定収入の阻害要因となっている。特に強風被害は全国で発生しており、低コストかつ耐風性の優れたパイプハウスの開発が求められている。従来より様々な補強法が提案されてきたが、いずれも慣例と経験に基づいた設計であり、詳細な補強効果は不明である。パイプハウスの補強効果を厳密に評価するためには構造解析の実施が不可欠である。パイプハウスの補強に関する既往の研究では、屋根の曲率やダブルアーチ補強¹⁾、部材接合法²⁾について検討されている。本研究では現在までに提案された3つの補強法(図1参照)およびその組み合わせによる補強効果を線形構造解析により検討した。また、高強度・低コスト化を目的として、ワイヤーロープを用いた補強法を新たに提案し、その効果を線形構造解析により検証した。

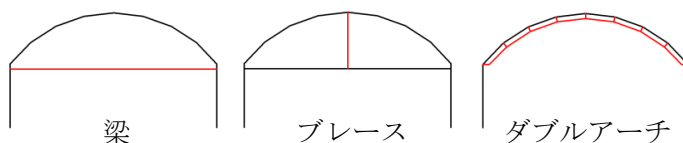


図1 3つの既往補強法

2. 風荷重に対するパイプハウスの応力傾向 パイプハウスの解析を行うにあたり、徳島市の設計風速 36m/s の風が桁方向直角(以後横風と呼ぶ)に作用する場合を想定した(図2参照)。

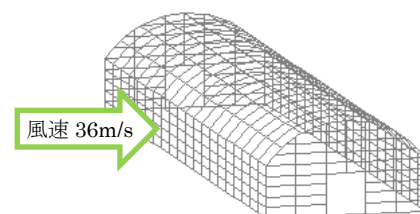


図2 想定風速と風向

表1 部材断面諸量

部材種別	断面面積(mm ²)	断面係数(mm ³)	
	A	Zy	Zz
丸パイプ	151.80	1091.49	1091.49
側面柱	347.04	5382.54	5382.54
妻面柱	527.04	9566.32	14054.94

各部材の主軸をy,z軸とした場合の縁応力度は次式によって求められる。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M_y}{Z_y} \pm \frac{M_z}{Z_z} \cdots (1)$$

ここに、 σ : 縁応力度 (N/mm²)、 N : 軸力 (N)、 M_y : y 軸回りの曲げモーメント (N・mm)、 M_z : z 軸回りの曲げモーメント (N・mm)、 A : 部材断面積 (mm²)、 Z_y : y 軸回りの断面係数 (mm³)、 Z_z : z 軸回りの断面係数 (mm³) である。最大応力度が鋼材の降伏点 $\sigma_y=235$ N/mm² を超えた場合、耐風力を有しないパイプハウスであると言える。また、本研究で用いたパイプハウス部材の断面諸量を表1に示す。

1) 無補強時および補強時における M 図と最大応力度位置

無補強パイプハウスの曲げモーメント図を図3に示す。図中のパイプハウスの最大応力度が発生した丸パイプの軸力は 1.1kN、曲げモーメントは 0.54kN・m であり、表1の断面諸量および式

(1) からそれぞれの応力度を計算すると、軸力による応力度は 7.2N/mm² であるのに対し曲げによる縁応力度は 494.7 N/mm² と、曲げモーメントが支配的であることがわかった。したがって

解析結果から補強効果を評価する際には、主に曲げモーメント図と最大応力度の値およびその発生位置について確認を行った。図4に梁およびブレースにより補強されたパイプハウスの M 図を示す。図3および図4より、横風を受けるパイプハウスは補強部材の有無に関わらず柱に大きな曲げモーメントが発生することがわかる。しかしながら本研究では柱の断面を丸パイプより大きい角パイプにしたため、最大応力度はアーチ部で発生した。このことから、柱の断面性能を屋根部より高くすることは、パイプハウスの強度向上だけでなく、補強部材の効果を発揮するためにも重要であると考えられる。

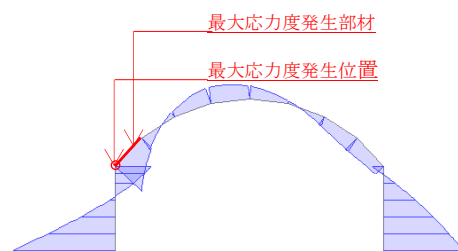


図3 無補強時 M 図および最大応力度位置

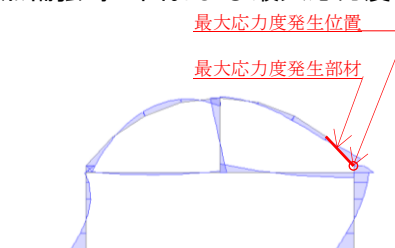


図4 梁およびブレース補強時 M 図および最大応力度位置

2) 梁による補強効果

図5および図6より梁補強には柱の内側への曲げを、圧縮軸力によって抑制する効果があることがわかった。

3) ダブルアーチによる補強効果

図7よりダブルアーチ部は多層ラーメンによく似たM図となり、内外アーチ間のジョイント部材に大きな曲げモーメントが作用することがわかる。したがって、ダブルアーチによる高強度化のためには曲げ耐力の高いジョイント部材を使用する必要がある。

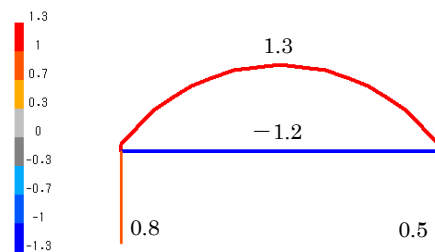


図6 梁補強モデルの軸力図 (kN)

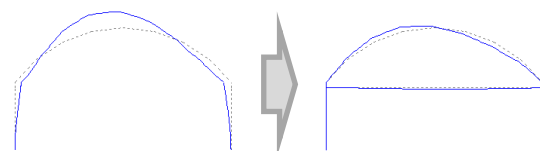


図5 梁補強による変位の変化

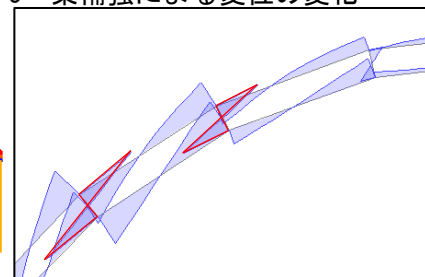


図7 ダブルアーチのM図

3. ワイヤロープを用いた耐風補強法の検討

前述のように従来の3種の補強法には一定の補強効果が認められるが、多くの鋼材を使用するためコストの増大が懸念される。そこで本研究では丸パイプ等と比べ、長さあたりの価格が低く軽量のワイヤロープを用いた新しい補強法について検討した。

図8にワイヤロープの配置パターンが異なる7つのモデル(①～⑦)を示す、図8(⑧)はそれらに梁を加えたイメージを示したものである。即ち合計14パターンの補強方式に対する解析を実施した。解析の結果、モデル⑧に従来の補強法よりも高い最大応力度低減効果が見られた。

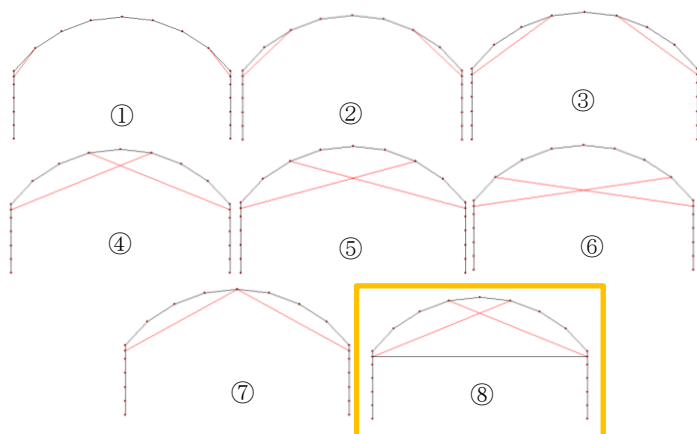


図8 ワイヤロープを用いた補強モデル(①～⑦)と梁補強併用モデル(⑧)

4. 高強度低コスト化の検討

最も最大応力度低減効果が高かったモデル⑧の各部材断面を表2の寸法に変更し、再度解析を行い、最大応力度が150～200N/mm²の範囲に収まり、かつ鋼材重量を最小化できたものを本研究では高強度・低コストモデルとした。図9に鋼材削減量と最大応力度との関係を示す。結果

表2 低コスト化のための部材断面縮小パターン

角パイプ (mm)	寸法		板厚
	50	×	50
	45	×	45
	38	×	38
	32	×	32
丸パイプ (mm)	外径		板厚
	31.8		
	31.8		
	25.4		
	25.4		
	22.2		
	22.2		

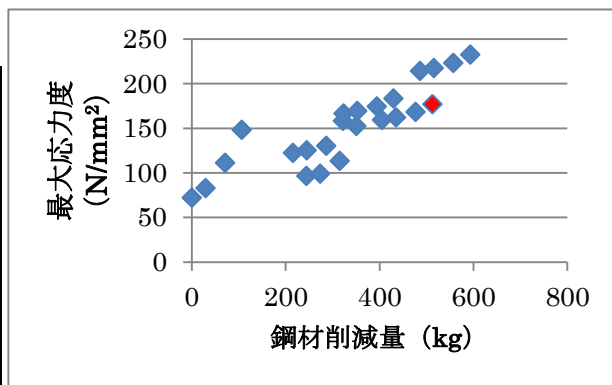


図9 鋼材削減量-最大応力度

的に、柱と梁を断面32×32mmで板厚1.8mmの角パイプ、その他の部材を外径25.4mmで板厚1.2mmの丸パイプにしたモデルが512.5kg軽量化でき、かつ最大応力度を177N/mm²に抑えることができた。

5. おわりに 本研究で検討したワイヤロープによる補強法は最大応力度の低減効果が従来の補強法に比べて高く、施工も比較的容易と思われる。本研究はパイプハウスにおける一部の条件下での検討であるため、より詳細な解析・考察が必要である。今後、非線形解析等により詳細な補強効果の検討を行うとともに、実用性についても検討していく予定である。

6. 参考文献 1)北村佳世：立体骨組解析に基づく低価格・高強度パイプハウスの設計および損傷評価に関する基礎的研究，徳島大学卒業論文 2012 2)山崎広富：園芸用ハウスの耐風性向上に向けての提案，高知工科大学大学院修士論文 2007