

アーチ部の剛性向上による既設パイプハウスの耐風補強法に関する解析的研究

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
 村本建設 非会員 米原大樹 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¹⁾、低コストかつ耐風性に優れたパイプハウスの開発が求められている。従来よりパイプハウスの設計・補強等は主に経験と実績に基づいてなされてきたが、パイプハウスの耐風圧性等を正確に評価するためにはハウス全体系の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、部材接合法²⁾について検討されている。本研究では、既設パイプハウスの簡易な耐風補強法について線形骨組構造解析に基づき検討した。

2. 耐候性鉄骨ハウス型パイプハウスの耐風補強 パイプハウスの解析を行うにあたり、表1の寸法のアーチ屋根型のもを基本モデルAとし、徳島市の設計風速36m/sの風が桁方向直角（以後X風と呼ぶ）に作用する場合を想定した（図1

参照）。この基本モデルAの様なアーチ屋根型・角パイプ柱のハウスは耐候性鉄骨ハウスと呼ばれ、近年施工数が多いタイプのパイプハウスである。既往の研究より、パイプハウスに風圧力が作用したとき、柱部材に強い曲げモーメントが発生しやすく、この曲げに耐えるために角パイプの柱の構造は丸パイプの柱よりも極めて合理的であることが明らかである³⁾。パイプハウスの奥行寸法は他の寸法と比較して非常に多様である。そこで奥行寸法に左右されない補強法の検討として、奥行方向に均一な6パターンの梁の間隔（1.5m, 3m, 4.5m, …）及び、接合点を頂点及び肩部とする10パターンの斜め補強部材配置を設定し、その組み合わせ60パターンに対して、次の5つの条件を満たす効果的なモデルを決定した。

- 1) 最大応力度が鋼材の降伏点 235 N/mm² を超えない
- 2) 最大変位量が水平、鉛直ともに 50mm 以下
- 3) 接合点数が 40 以下
- 4) オイラー座屈が発生しない
- 5) 以上を満たすモデルの内、最も重量が小さい

図2に選定されたモデルを示す。無補強時の最大応力

度 542N/mm² に対し、このモデルは梁間隔が 3m で、最大応力度 186 N/mm²、最大変位点の水平変位 24mm、鉛直変位 37mm、接合点数 27、補強部材重量 214.62kg である。

3. 従来型パイプハウスの耐風補強 上記で決定したモデルは奥行寸法に左右されないが、奥行 30m あたりの接合点数 27、補強部材重量 214.62kg と施工・コストの両面から見てやや非現実的である。また、既設のパイプハウスには図3のような主要な部材が全て丸パイプで構成されたパイプハウスも多い（このモデルを基本モデルBとする）。よって改めて、基本モデルBにおける奥行方向に不均一な補強を検討し、その補強法の適用範囲を明らかにすることとした。この検討では奥行Y方向（以後Y風と呼ぶ）の耐風圧性についても対象とした。

表1 基本モデルAの諸元

奥行	30m	丸パイプ(アーチ・水平部材・補強部材)	外径	31.8mm	板厚	1.6mm
幅	8m	角パイプ	寸法		板厚	
頂点高さ	4.5m	(妻面柱部材)	50×50mm			
肩高さ	2.5m	(側面柱部材)	50×100mm			1.8mm
柱間隔	1.5m					

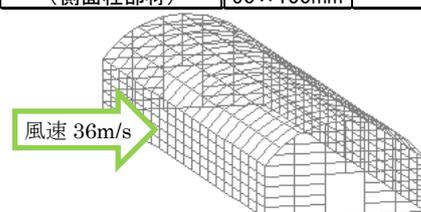


図1 想定風速と風向



図2 奥行寸法に左右されない補強モデル

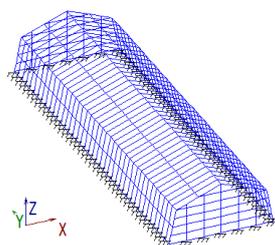


図3 基本モデルB

表2 基本モデルBの諸元

奥行	20m
幅	6m
頂点高さ	3m
肩高さ	2m
柱間隔	0.5m

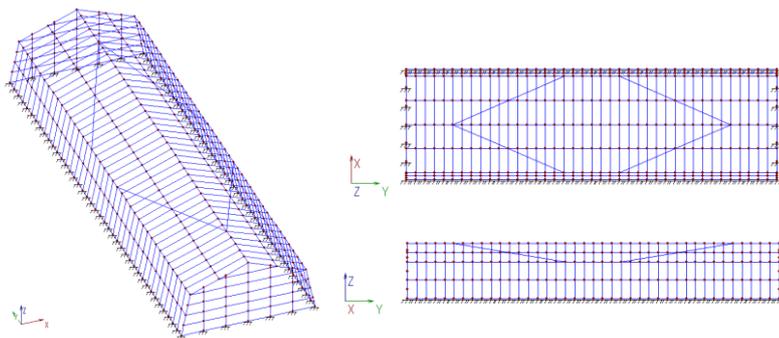


図4 X風に対する補強 (X補強)

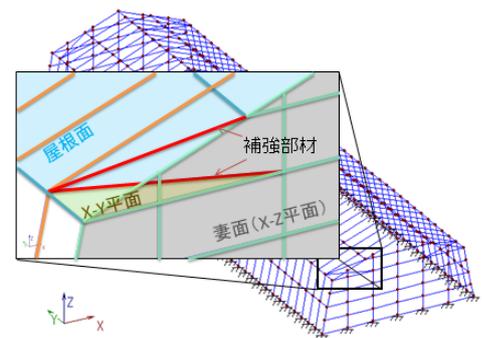


図5 Y風に対する補強 (Y補強)

経験に基づいて設計されたパイプハウスには耐風補強を目的として、ハウス内面に沿うように筋交補強を入れる場合が多い。このような筋交補強は解析による検証の結果、ある程度の補強効果が見られたが、無駄な筋交配置も見られた。したがってその配置の工夫によってはより高効率な補強となる余地があることが推測され、検討の結果、図4のような補強法 (以後 X 補強と呼ぶ) により X 風に対しては最大応力度が 260

N/mm²から 220 N/mm²に約 15%低減することがわかった (表3 参照)。しかし、Y 風に対してはほとんど効果が見られなかった。そこで、妻面に接するような筋交配置を検討した結果、図5のような筋交配置 (以後 Y 補強と呼ぶ) の場合、Y 風に対する最大応力度が 240 N/mm²から 157 N/mm²へと約 35%の低減効果が見られた。また、この二つの補強法を組み合わせたモデルは X 風・Y 風それぞれに対して同様の最大応力度低減効果が見られたため、それぞれの補強法が阻害することなくバランスの良い補強法と考えられる。

表3 基本モデルBの最大応力度

	最大応力度N/mm ²	
	Y方向	X方向
無補強	240	260
X補強	236	220
Y補強	157	258
X・Y補強複合	147	215

4. X補強・Y補強の基本モデルAへの適用

上記による検討の結果、Y補強の効果が非常に高かったため、Y補強を基本モデルAに施した時の効果について検証を行った。その結果、基本モデルAにおけるY補強は全く効果が見られなかったが、角パイプの柱を丸パイプへと変更したとき上記と同様に約36%の最大応力低減効果が見られた。(表4参照) このことから、Y補強は柱が丸パイプのような比較的弱い断面に対して有効であると思われる。

表4 基本モデルAの最大応力度

		最大応力度N/mm ²	
		Y風	X風
角パイプ柱	無補強	268	500
	Y補強	268	500
	X補強	283	491
丸パイプ柱	無補強	616	835
	Y補強	397	828
	X補強	609	782

また、X補強についても基本モデルAにおいては角パイプの柱使用時に対する効果は微小であり、丸パイプの柱使用時の方が効果的であった。

以上のことから、柱部材の断面性能はアーチ部の補強効果に影響を及ぼすため、柱部材の断面特性と各補強法の効果を厳密に把握し、各補強法の適用範囲を明確にする必要がある。

5. おわりに 本研究で検討した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。なお本研究は限られた解析結果に対する検討であるため、今後より詳細な解析・考察を行い、パイプハウス形状や部材断面についての各補強法の適用範囲を明らかにする予定である。

6. 参考文献

- 1) 農林水産省：平成23年度農業災害補償制度園芸施設共済統計表，2013。
- 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。
- 3) 立田成信：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，平成25年度土木学会四国支部技術研究発表会概要集，2013。