

# 載荷実験による農業用パイプハウスの鉛直雪荷重に対する耐力評価

川上 暢喜・鍵谷 俊樹・徳原 功

Strength Measurement of Agricultural Pipe-Framed Greenhouses to Vertical Snow Load by Loading Test

Masaki Kawakami\*, Toshiki Kagiya and Isao Tokuhara

## Summary

The Hida area in Gifu Prefecture is one of the heavy snowfall areas in Japan. The tomato and the spinach cultivation of this region are active in the pipe house during summer from autumn.

The great deal of harm was caused by the heavy snow in 2006.

Therefore, we researched the effect of reinforcing the steel pipe and the greenhouse named STX not broken by the loading test. As a result, strength of the STX pipe was stronger than that of an existing pipe, and it was confirmed that this value exceeded the twice.

The result of the loading test was the same as the case to calculate by the weight of the snow. Moreover, it turned out that reinforcement that used the prop by the reinforcement method was the most effective. The margin loads at this time were three magnifications compared with the case without reinforcement.

When stx is used, the unit price of the STX arch pipe is about 1.7 times the in-line product, and the arch interval can be expanded more than 50cm of the habitual practice.

When stx is used at intervals of 70cm, the power-proof of the limit is about 1.8 times, and cost is suppressed to about 1.2 times.

Key Words : pipe-framed greenhouse、snow load、heavy snow、loading test

キーワード : パイプハウス、雪荷重、豪雪、載荷実験

## 緒 言

岐阜県の飛騨地域は、パイプハウスによる夏秋トマト、ホウレンソウの雨よけ栽培が盛んな地域であるが、有数の豪雪地帯でもある。かつては昭和56年に発生した「昭和56年豪雪」では、農業分野だけでなく生活分野にも甚大な被害が発生した。平成17年12月22日から降り始めた雪は、これに次ぐ被害をもたらし、「平成18年豪雪」とよばれることとなった。この雪害は、湿った雪が一気に着・積雪し、この重みで崩壊したことに加え、大きな沈降力の原因となってパイプハウスを押し曲げることによって、甚大な被害を発生させたのが特徴である。

各地の積雪深は、1月5日、高山市では市街地で68 cm、農村部で44 cmから113 cmとなった。一方、飛騨市古川町は市街地で125 cm、パイプハウスの多い農村部で202 cmから229 cmとなった。飛騨市の積雪量が際立って多くなったため、飛騨市に被害が集中した(松村・鍵谷、2007)。

飛騨地域に大きな被害を出した「昭和56年豪雪」発生時との農業を巡る情勢の大きな相違点は、農業者の高齢

化がすすんでいること、農産物価格が下落している点である。飛騨地域における平成18年の米の単位面積あたり生産額は、昭和56年と比較して約26 %低い(岐阜農林水産統計年報、1982、2008)。こうしたことから、「平成18年豪雪」被害が地域農業にあたえた影響は、昭和56年当時より大きく、農業経営のみならず集落機能の維持自体が崩壊するおそれがあった。このため被災者や、行政からパイプハウスに対する迅速な雪対策が求められた。

飛騨地域のパイプハウスは地中押し込み式のパイプハウスで、用いられる鋼管は直径19.1 mmから22.2 mm程度のもを約50 cm間隔で地中に差し込むのが一般的である。間口は5.4 m~6 m、棟高が約3 m、肩高が1.5 mから2 mで頂部はアーチ形というものである。本研究では、なるべく少ない費用、労働負荷で実施可能な実践的対策の開発を目的とした。そこで、既存ハウスの効果的な補強、新規ハウスを建てる際に用いるべき最適なパイプ種の選定という二つの方針の下、各種補強を施した直径22.2 mmパイプ、及び新開発された高強度25.4 mmパイプに対して載荷実験を実施した。また、小規模ハウスによる豪雪地帯での現地実証、及び載荷実験結果を受けてのハウス耐力の推移試算、対策費用試算を行った。

\* 現在 : 長野県南信農業試験場

### 材料および方法

#### 1) 載荷実験

パイプハウスの限界耐力を求めるため、実物大のパイプハウス（1フレーム）に対する載荷実験を実施した（図1A）。今回の実験では森山らの方法を参考にした（森山ら、2002・2003）。地盤条件による差を無視するために、地表面下40 cm 以下に該当するアーチパイプ

下端部分を架台固定の足場パイプの内側に挿入することで、固定端を作成した（図1B）。載荷点は12カ所とし、アーチパイプ上にフックバンドを取り付け（図1C）、そこからマイカ線（石本マオラン）でつるしたバケツに荷重袋を乗せ、等分布荷重（積雪荷重）のかわりとした。荷重袋は、1 kg、3 kg、5 kg、10 kg にそれぞれ調整した砂袋を使用した（図1D）。

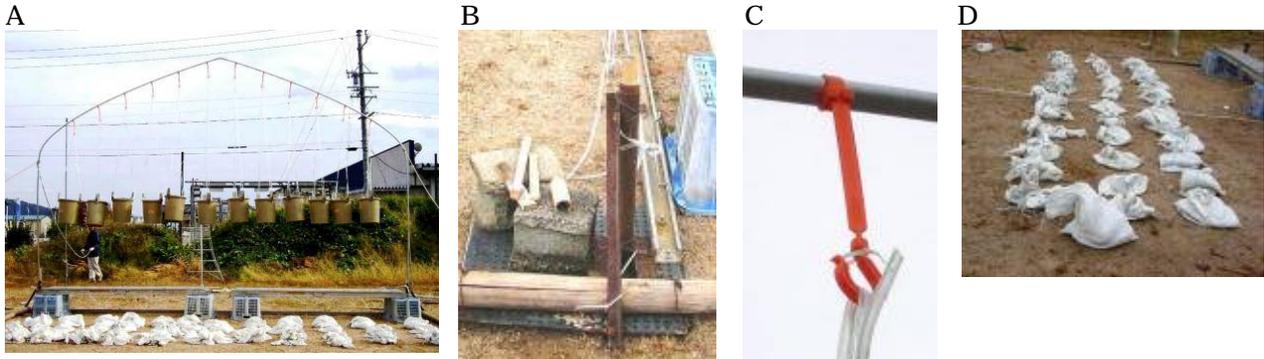


図1 載荷実験の概要 A:載荷実験装置全体像 B:足場 C:フックバンド D:荷重用砂袋

載荷実験に用いた直径25.4 mm アーチパイプと直径31.8 mm 外ジョイントの組み合わせを表1 に示す。既存アーチパイプ、外ジョイントには、それぞれ飛騨地域で一般的に販売されている炭素鋼鋼管（以下、既存品）を使用した。高強度アーチパイプ、外ジョイントには大和鋼管工業より H19に新発売されたハイテン鋼管「STX 700N シリーズ」（以下、STX）をそれぞれ使用した。パイプの肉厚は、既存品が1.6 mm、STX が2.0 mm であり、間口は5.4 m で統一した。実験は3 回ずつ行った。

表1 25.4 mm パイプ実験条件

アーチパイプ		+	外ジョイント	
既存品		+	高強度	
高強度		+	既存品	
高強度		+	高強度	

H19年の載荷実験で用いた各補強モデルを図2 に示す。使用したアーチパイプの規格は、直径22.2 mm、肉厚1.2 mm、間口5.4 m である。外ジョイントの規格は、直径25.4 mm、肉厚1.2 mm である。陸梁（りくばり）、肩梁（かたばり）には、直径25.4 mm、肉厚1.2 mm の直管パイプを使用した。仮支柱には、直径31.8 mm、肉厚1.6 mm の直管と、直径25.4 mm、肉厚1.6 mm の直管を組み合わせた、高さ調節の可能な物（スノーポールの商品名で JA ひだより販売）を使用した。

H20年の載荷実験で用いた各補強モデルを図3 に示す。アーチパイプ、外ジョイント、仮支柱はそれぞれ H19 年実験と同じ規格の物を使用した。番線は#10 の規格を使用した。実験は3 回ずつ行った。

H20年の載荷実験で用いた各補強モデルを図3 に示す。アーチパイプ、外ジョイント、仮支柱はそれぞれ H19 年実験と同じ規格の物を使用した。番線は#10 の規格を使用した。実験は3 回ずつ行った。

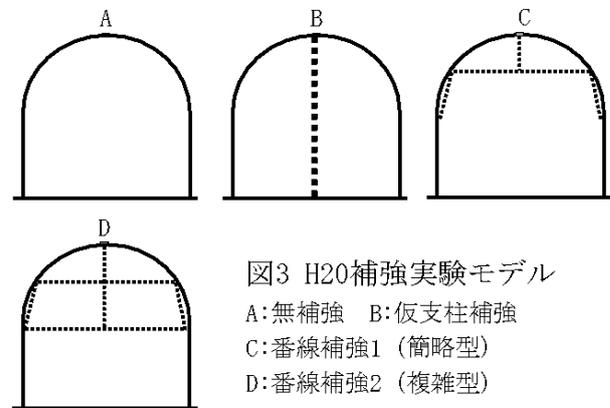


図3 H20補強実験モデル

A:無補強 B:仮支柱補強  
C:番線補強1（簡略型）  
D:番線補強2（複雑型）

#### 2) 現地実証

現地実証パイプハウスに用いた、アーチパイプと外ジョイントの組み合わせを表2 に示す。実証ハウスは、豪雪地帯である飛騨市河合町稲越地区に設置した。

アーチパイプには、直径25.4 mm パイプの載荷実験で使用した物と同一規格のものを、それぞれ使用した。外ジョイントは高強度では STX を、「既存品」では直径25.4 mm の既存品をそれぞれ使用した。

ハウスの間口は5.4 m、アーチ間隔は60 cm、アーチの本数は9 対（桁行4.8 m）とした。また、積雪によるハウス全体への等分布荷重を得るため、各ハウスとも天井フィルム（材質 PO）を張った。

表2 現地実証実験の条件

アーチパイプ + 外ジョイント		
既存品	+	既存品
既存品	+	高強度
高強度	+	高強度

3) 雪密度測定

雪密度の測定は、以下の方法で行った。図4 に示す内径127 mm の円筒を垂直に地表面まで差し込み、積雪深を測定した。同時に、円筒内の雪の重量を測定することで、密度を算出した。



図4 雪密度の測定に用いた円筒

なお、H19年の補強実験以外は、すべての実験は H20 年に実施した。

結 果

載荷実験を実施したところ、STX アーチパイプの限界荷重は1.84 kN であり、既存アーチパイプの限界荷重0.90 kN と比較すると、2 倍強の限界耐力が有意に認められた。またアーチパイプを STX にした場合、既存外ジョイントと STX 外ジョイントとの差は非常に小さく、有意差は認められなかった (P=0.56) (表3)。

載荷中の、荷重とアーチ天井部分の鉛直変位との関係を図5 に示す。既存、STX とともに、載荷初期における荷重に対する鉛直変位量の比率は、ほぼ一致していた。また、座屈点に達したときの鉛直変位量は STX が56.0 cm であり、既存パイプの24.7 cm の2 倍以上であった。

荷重 1 N あたりのアーチ天井部の鉛直変位量は、STX が0.31 mm / N、既存が0.28 mm / N であり、両者の間に有意差は認められなかった (P>0.05) (表4)。

表3 STXパイプとジョイントを代えた載荷実験

実験条件	限界荷重 ± SD (kN)
既存アーチパイプ + STX外ジョイント	0.90 ± 0.03 <sup>a1)</sup>
STXアーチパイプ + 既存外ジョイント	1.82 ± 0.05 <sup>b</sup>
STXアーチパイプ + STX外ジョイント	1.84 ± 0.05 <sup>b</sup>

1) Tukey-Kramerの多重比較検定で異なる文字間に有意差あり (P<0.01)

表4 単位荷重あたりの鉛直変位量差

実験条件	鉛直変位量 (mm/N)
既存アーチパイプ + STX外ジョイント	0.31
STXアーチパイプ + STX外ジョイント	0.28
有意差 <sup>1)</sup>	n.s.

1) n.s. は t 検定で有意差なし (P>0.05)

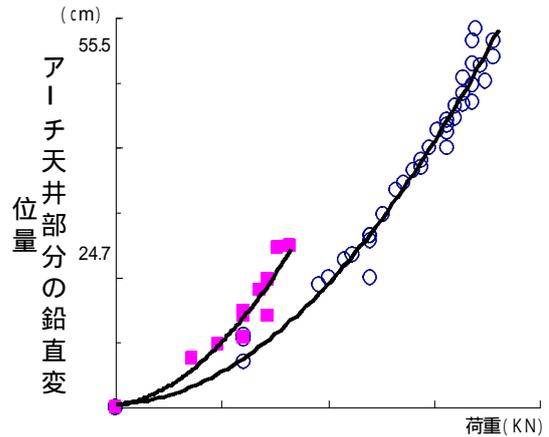


図5 載荷中の荷重 - 鉛直変位関係

外ジョイントはSTX。鉛直変位量 24.7、55.5 (cm) 地点が座屈点

直径25.4 mm アーチパイプ1 対 (外ジョイントを含む) の JA 売渡価格は、STX が4750 円、既存品が2780 円である (H21年、1月現在)。これと、載荷実験の結果をもとに、STX でパイプハウスを建てた時の、アーチ間隔とハウスの限界耐力・費用との関係を図6 に示す。

当地域慣行の50 cm 間隔で STX によるハウスを建てた場合、アーチパイプの費用は約1.7倍になる。アーチ間隔を広げていくと、費用・限界耐力ともに低下していく、アーチ間隔60 cm で費用1.4倍・限界耐力2.1倍、70 cm では費用1.2倍・限界耐力1.8倍となった。アーチ間隔を80 cm にすると、費用は既存品を50 cm 間隔で建てた場合とほぼ同等になり、限界耐力は約1.6 倍であった。

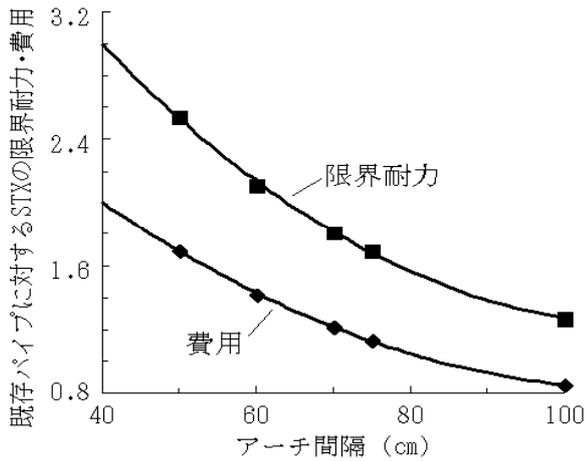


図6 STX導入時のアーチ間隔と限界耐力・費用との関係 既存の25.4 mmパイプで、アーチ間隔50 cmのハウスを建てたときの強度・費用をそれぞれ1とする。

各補強に対して載荷実験を実施したところ、陸梁補強の限界荷重は1.16 kN、肩梁補強の限界荷重は1.22 kNであり、無補強の0.69 kNと比較すると、ともにアーチの限界耐力は約2倍に上昇した。また、仮支柱補強の限界荷重は1.86 kNであり、アーチの限界耐力は大幅に上昇した(表5)。

表5 補強試験結果 (H19)

実験条件	限界荷重 (kN)
無補強 (対照)	0.69
陸梁補強	1.16
肩梁補強	1.22
仮支柱補強	1.86

H19年試験の結果を受けて、有望な補強方法と思われる仮支柱補強に関して、再度、載荷実験を実施した。また、簡易補強である2種類の番線補強についても載荷実験を実施した。その結果を表6に示す。

仮支柱補強の限界荷重は2.13 kNであり、無補強の0.67 kNと比較すると、アーチの限界耐力は3倍以上に上昇した。また、番線補強1、番線補強2の限界荷重はそれぞれ1.01 kN、1.27 kNであり、無補強と比較して、アーチの限界耐力はそれぞれ約1.5倍、1.9倍程度上昇した。

補強方法・補強間隔とハウスの限界耐力の推移を表7

に示す。補強するアーチの本数を減らしていったときの補強効果の減少率は、全てのアーチを補強しているときと、1本おき補強との間が最も大きく、その後、小さくなる。仮支柱補強では、5本おき(3 m間隔)の補強でもハウスの限界耐力は無補強に比べ1.4倍程度上昇する。一方、番線補強では5本おき補強の場合、限界耐力の上昇率は、簡単補強で1.09倍、複雑補強でも1.15倍にとどまった。

載荷試験の結果を受け、2008年11月27日、飛騨市河合町稲越地区に小規模ハウスを設置し、豪雪地帯における現地実証を行った(図7)。その結果を表8に示す。

12月25日未明から翌26日にかけての大規模な降雪により、既存アーチパイプを使用した2棟のハウスはともに倒壊した。一方、STXアーチパイプを使用したハウスは倒壊しなかった。倒壊した2棟のハウスについて、倒壊直前のハウス上の積雪量から、アーチパイプ1対あたりの積雪荷重(限界荷重)を計算したところ、既存外ジョイントを使用したハウスでは0.73 kN、STX外ジョイントを使用したハウスでは0.88 kNとなり、外ジョイントの違いにより、ハウスの限界耐力に約1.2倍の差が見られた。また、この値は載荷試験の結果(0.90 kN)とほぼ一致した。



図7 現地実証ハウス (撮影日2008年12月6日)

A: 既存アーチパイプ+既存外ジョイント

B: 既存アーチパイプ+STX外ジョイント

C: STXアーチパイプ+STX外ジョイント

飛騨市北部地域の雪質に関する基礎的知見を得るため、現地実証ハウス周辺の雪密度を測定した。その結果を表9に示す。

試験ハウス設置以降では、12月25日に初めて大規模な降雪が見られた。1月2日に10 cm以上の降雪があり、その後、5日までにまとまった降雪はなかった。13日には大規模な降雪が見られ、21日測定直前で10 cm以上の降雪があったのは、16日であった。

表6 載荷実験による補強効果

実験条件	限界荷重 ± SD (kN)
無補強(対照)	0.67 ± 0.02 <sup>a1)</sup>
仮支柱補強	2.13 ± 0.08 <sup>d</sup>
番線補強1(簡略型)	1.01 ± 0.03 <sup>b</sup>
番線補強2(複雑型)	1.27 ± 0.01 <sup>c</sup>

1) Tukey-Kramerの多重比較検定で異なる文字間に有意差あり(P<0.01)

表8 STXパイプの現地実証実験

実験条件	倒壊時の積雪量 <sup>1)</sup> (cm)	雪密度 (g/cm <sup>3</sup> )	積雪荷重 <sup>2)</sup> (kN)
既存アーチパイプ+既存外ジョイント	約43	0.065	0.73
既存アーチパイプ+STX外ジョイント	約48	0.065	0.88
STXアーチパイプ+STX外ジョイント	倒壊せず	-	-

調査日: 08年12月26日 1) 外フィルムを張ったハウス上の積雪量  
2) すべてのアーチへの等分布荷重を仮定したときのアーチパイプ1対あたりへの積雪荷重

表9の雪密度データをもとに、載荷実験で得られた限界荷重を積雪量に換算した。粉雪と湿雪の2種類の雪質を想定し、雪密度のデータには大規模降雪が見られた、12月26日(0.065 g/cm<sup>3</sup>)と、1月13日(0.126 g/cm<sup>3</sup>)の数値をそれぞれ用いた。また、3種類の補強ハウスの限界耐力は、すべてのアーチにその補強を施した場合の数値である。

既存の25.4 mm アーチパイプを使用した、無補強ハウスの場合、限界耐力は粉雪で42.2 cm、湿雪では21.8 cmとなった(表10)。

表10 限界荷重と積雪換算値

	限界荷重 (kN)	積雪換算 (cm)	
		粉雪	湿雪
既存(25.4)	0.73	42.2	21.8
STX(25.4)	1.84	107.1	55.3
仮支柱	2.32	134.5	69.4
番線(簡単)	1.10	64.1	33.1
番線(複雑)	1.38	80.1	41.3

設定条件: 間口5.4m、アーチ間隔50cm  
各補強は既存25.4 mmパイプに施した場合の強度  
雪密度: 粉雪:0.065、湿雪:0.126 (g/cm<sup>3</sup>)

新規にハウスを建てる際に、既存アーチパイプと仮支柱補強を組み合わせる場合と、STX アーチパイプを使用して建てる場合と、それぞれについて導入コストの試算を行った。

間口5.4 m、桁行50 m のハウスを建てる場合の費用は、既存アーチパイプを50 cm 間隔で建て、仮支柱(スノーポール)補強をアーチ4本おきに施した場合は40.4万円となった。STX アーチパイプを使用して、ア

表7 補強方法、及び補強間隔とハウス限界耐力との関係

補強方法	補強間隔					
	全部	1本おき	2本おき	3本おき	4本おき	5本おき
仮支柱	3.19	2.10	1.73	1.55	1.44	1.37
番線(簡単)	1.52	1.26	1.17	1.13	1.10	1.09
番線(複雑)	1.90	1.45	1.30	1.23	1.18	1.15

設定条件 ハウス間口:5.4 m アーチ間隔:50 cm パイプ直径:既存25.4 mm  
「既存・無補強」を1として比較したときの限界耐力の上昇率(倍)

表9 雪密度測定結果  
(08年12月~09年1月)

測定日	雪密度 ± SD (g/cm <sup>3</sup> )
12月26日	0.065 ± 0.003
1月5日	0.144 ± 0.032
1月13日	0.126 ± 0.015
1月21日	0.248 ± 0.019

測定地点:河合町稲越の現地  
実証ハウス設置地点付近

ーチ間隔70 cm で建てた場合が40.9万円となり、ほぼ同等であった(表11)。

## 考 察

アーチパイプに STX を使用した場合、アーチ全体の限界荷重に外ジョイントの違いによる差はほとんど見られなかった。一方、H19年に STX アーチパイプに対する予備的載荷実験を実施したところ、アーチパイプが座屈するより先に、使用した外ジョイント(直径28.6 mm の既存品)の破壊が生じた(図8)。等分布荷重に対して、応力はアーチの天井部、肩部、地際部に集中するというシミュレーション結果が報告されており(光井、2006)、直径28.6 mm の既存外ジョイントの限界耐力は STX アーチパイプ(直径25.4 mm)よりも低かったと考えられる。H20年の載荷実験において外ジョイントの破壊現象は起こっていないことから、直径31.8 mm の外ジョイントであれば、既存品であっても問題はないと考えられる。ただし H21年3月現在、飛騨地域で STX を購入する場合、STX アーチパイプと STX 外ジョイントがセットで販売されているため、特別な事情がない限り、外ジョイントは STX を使用することが望ましい。

STX アーチパイプと、既存アーチパイプとの間には、1 N あたりの、アーチ天井部鉛直変位量に有意差は見られなかった。また、図5において、低荷重におけるグラフの傾きもほとんど同一であったことから、両者の弾性率には大差はないものと考えられる。一方、STX は、限界荷重に至った時、既存パイプの2倍以上の鉛直変位量を示しており、弾性域がより広いことが示唆される。

STX でハウスを建てる場合、アーチ間隔を70 cm にしても、ハウスの限界耐力は従来の1.8倍となる。した

がって、STX の場合には、慣行主流の50 cm よりもアーチ間隔を広くとって建てるのが可能である。またアーチ間隔を広くすることにより、パイプへの着雪被害を軽減できる可能性がある。

ただし、アーチ間隔を広くする場合には天井フィルムを十分に固定するため、ピネット（東都興業）等の鋼

線製波形スプリングとフィルム留め材を用いることが望ましい。マイカ線（石本マオラン）等のハウス用抑えひもを用いる場合には、50 cm 間隔と同じだけの本数を確保するか、できるだけ幅の広いものを用いる。

表11 STX、及び仮支柱補強導入時のコスト試算（単位：万円）

パイプの種類	仮支柱の補強間隔			
	無補強	全て補強	2本おき	4本おき
既存 50cm間隔	36	58.4	43.5	40.4
STXのアーチ間隔				
	50cm	60cm	70cm	75cm
STXパイプ	55.9	46.6	40.9	38.4

試算条件 ハウス間口:5.4m 桁行:50m パイプ直径:25.4mm  
 アーチの価格：既存パイプ:2780円、STX:4750円（外ジョイントを含む1対の価格） 仮支柱にはスノーポールを用いると仮定（2200円/本）  
 肩・天井部・地際の計5カ所に直管を入れる、価格：830円/本（直径25.4mm、肉厚1.2mm） 天井部の直管はフックバンド（50円/個）で肩・地際の直管はカナメックス（90円/個）でそれぞれ固定



図8 外ジョイントの破壊

また、STX は既存品に比べ非常に固いため、2009年2月現在、地際部分をつぶすような加工がなされていない。このため、地中への押し込みが困難な場合が生じる。現在、図9 に示すプラスチック製のキャップを先端にはめることによる対応がなされている。



図9 STX 用キャップ

仮支柱は設置が比較的簡便で、ハウスの限界耐力を大幅に向上させることから有望な補強方法である。一方、十分な補強効果を得るためには補強間隔を狭くする必要がある。3 m おきに補強した場合のハウス限界耐力は、無補強と比較して1.4倍程度であり、「地中押し込み式パイプハウス安全構造指針」（日本施設園芸協会）においても、雪対策の場合には補強間隔を3 m よりも細かくすることを推奨している。

主管に直径31.8 mm アーチパイプを使用していたが、仮支柱の補強間隔が広いハウスが倒壊し、主管には直径22.2 mm アーチパイプを使用していたが、補強間隔が密であったハウスが倒壊を免れたという事例が報告されている（濱崎ら、1995）。よって、今回の実験結果も踏まえると、十分な補強効果を得るためには、仮支柱の補

強間隔は3 m より細かく設置することが望ましい。

また、番線補強のような簡易補強の場合、3 m おきの補強では、ハウスの限界耐力は無補強比約1.1 倍と有効なほどに向上していない。こうした補強を施す場合、有効な補強効果を得るためには、仮支柱補強以上に補強間隔を細かくする必要がある。

現地実証のため設置した小規模ハウスの倒壊時荷重は、載荷実験の結果をほぼ正確に反映した。アーチパイプ、外ジョイントとも STX を使用したハウスは、2008年12月25日から26日にかけての降雪で倒壊しなかった。年明けの1月からの降雪でも倒壊は起きなかったが、桁行方向への変形がアーチに生じるようになった（図9）。

ブレースを設けない場合、鉛直荷重に対する耐力が約20 %低下することが報告されており（小川ら、1989）、STX パイプを用いたハウスであっても、ブレースの設置は不可欠であると考えられる。



図10 現地 STX ハウス（2009年1月21日撮影）

過去10年平均の「20～50 cm」降雪日数を表12 に「50～100 cm」降雪日数を表13 にそれぞれ示す。

表12 月別20 ~ 50 cm 降雪日数 (過去10年平均)

	11月	12月	1月	2月	3月
河合	0.2	3.1	6.4	3.4	2.2
神岡	0	1.8	3.2	1.6	1.0
高山	0	0.8	2.0	0.7	0.2

河合・神岡はアメダス、高山は測候所のそれぞれデータ

表13 月別50 ~ 100 cm 降雪日数 (過去10年平均)

	11月	12月	1月	2月	3月
河合	0	0.5	0.9	0.1	0.1
神岡	0	0.5	0.2	0.1	0
高山	0	0.1	0.2	0	0

河合・神岡はアメダス、高山は測候所のそれぞれデータ

各地点、各月ともに50 cm 以上の降雪日数は1日を下回っている。一方、20 ~ 50 cm の降雪日数は、もっとも多い11月では高山で2日、河合では6日を超えている。アーチパイプの限界荷重を積雪量に換算したとき、既存25.4 mm パイプの無補強の場合ではおよそ20 ~ 40 cm であった。したがって、表12 の数値は既存・無補強ハウスにおいて、天井被覆状態では倒壊する危険性が高い降雪日数であるともいえる。トマト栽培において12月まで被覆している場合、ハウレンソウ栽培において早くから被覆する場合には、補強もしくは STX を使用することが望ましい。

「平成18年豪雪」では、天井被覆を撤去した骨組みだけのハウスの倒壊が多く見られた(松村・鍵谷、2007)。同様の事例が富山県のパイプハウスについても報告されている(横山ら、1999。横山、2000)。パイプへ雪が付着しやすい湿雪の降雪日率は北陸地域がもっとも高く、飛騨地域もそれに準じた12 %以上の水準である(松下ら、2006)。現在、飛騨地域のパイプハウスでは、今回の载荷実験に使用した直径25.4 mm パイプより細い、直径22.2 mm、肉厚1.2mm パイプも広く使用されている。飛騨地域が着雪被害を受けやすい気候条件下にあることを踏まえると、適切な補強をしないままこうしたハウスで晩秋 ~ 早春期に被覆を行うことは、高い崩壊リスクを抱えることになる。

現地実証ハウスの設置地点に実験ハウスの他、外ジョイントの角度を90度にした急勾配ハウスを参考として設置した。この急勾配ハウスも12月25日から26日にかけての降雪で倒壊しなかった。屋根勾配を急にしていくことによる積雪荷重の低減効果について村松が報告している(村松、1998)。また、通常の積雪では屋根上の「積雪の量」よりもハウスの「断面形状」の方がハウスの限界耐力に与える影響が大きいことが報告されており(長利・山下、1980)、今回の結果もこれら既知の知見と合致するものである。

一方、風荷重時には棟が高いハウスほど曲げモーメントが増大することが報告されており(長利・山下、1980)、急勾配ハウスは風害には弱い可能性が高い。雪害、風害両方を一度に満足できるハウス形状はないため、現実的な対応としては、風にある程度対応できる既存の形状ハウスにおいて、STX アーチパイプや密な仮支柱補強により雪に対応していくのが望ましいと考えられる。

コスト試算結果から考えると、新規にハウスを建てる場合には、既存アーチパイプと補強を組み合わせるよりも、STX アーチパイプを使用して建てる方が、費用に対するハウス耐力の上昇効果は高い。

## 摘 要

岐阜県の飛騨地域は、パイプハウスによる夏秋トマト、ハウレンソウの雨よけ栽培が盛んな地域であるが豪雪地帯でもある。近年では「平成18年豪雪」により甚大な被害が発生した。このため载荷実験によりハイテン鋼管(STX)と、既存ハウスの補強方法の強度向上効果について検討した。

この結果、STX アーチパイプは既存品に比べて2倍強の限界荷重が認められた。現地評価でも、载荷実験と一致する結果が得られた。一方、補強方法では仮支柱による補強がもっとも有効で、限界荷重は無補強の3倍以上に上昇した。

STX アーチパイプの単価は既存品の約1.7倍だが、アーチ間隔を慣行の50 cm より広げることが可能である。70 cm 間隔で設置した場合、限界耐力は約1.8倍あり、費用は1.2倍程度に抑えられる。

## 謝 辞

本研究にあたり、载荷実験の理論・方法について教示いただいた農村工学研究所、森山英樹氏に深く感謝申し上げます。補強方法のアイデアを出していただくとともに、载荷実験、及び現地実証ハウス設置に参加いただいた「飛騨市型耐雪ハウスプロジェクト」メンバー各位、及び会長吉本一雄氏に深く感謝申し上げます。また、円滑な実験の実施のために、資材の手配等、各方面にご尽力いただいた飛騨市農林課各位、及びJA ひだ吉城営農センター、松山孝平氏・室屋勲氏に深く感謝申し上げます。

## 引用文献

- 濱崎孝弘・岡田益己・小沢聖. 1995. 1994年1月29日に岩手県北部沿岸で発生したパイプハウスの雪害. 農業気象. 51(1):53-56
- 松下拓樹・西尾文彦. 2006. 着雪を生じる降水の気候学的特徴. 氷雪68巻5号:421-432
- 松村博行・鍵谷俊樹. 2007. 平成18年豪雪の岐阜県飛騨

- 市古川町の果樹とパイプハウス被害の特徴．農業気象東海誌.65:1-9
- 光井輝彰．2007．岐阜県中山間農業研究所、平成18年度試験研究成績概要:433-434
- 森山英樹・小川秀雄・山城正行．2002．大間口を有するパイプハウスの開発．寒地技術シンポジウム、寒地技術論文・報告集 Vol.18
- 森山英樹・佐藤勲紀・小綿寿志、石井雅久．2003．積雪荷重によるパイプハウスの円弧座屈を防ぐための設計．2003年度農業施設学会年次大会講演要旨
- 村松謙生．1998．園芸施設の設計用屋根雪重量の評価．北陸農業研究資料:No37
- 長利洋・山下進．1980．パイプハウスの断面形状と強度について( )．農業土木試験場技報 A(土地改良)第23号
- 日本施設園芸協会．地中押し込み式パイプハウス安全構造指針
- 小川秀雄・津下一英・佐藤義和・干場信司・山下進．1989．パイプハウスの強度に関する実験的研究( )．農業施設、第19巻、第3号:29(173)-38(182)
- 東海農政局岐阜農政事務所．1982．第29次岐阜農林水産統計年報．
- 東海農政局岐阜農政事務所．2008．第54次岐阜農林水産統計年報．
- 横山宏太郎．2000．農業用パイプハウスの着雪について．氷雪北信越20号
- 横山宏太郎・小南靖弘・高口宗範．1999．1999年1月前半の大雪による農業用パイプハウスの着雪被害．氷雪北信越19号