

プラスチック波板を用いた園芸用ハウスの開発 (第2報)  
奈良農試 1-B型ハウスの強度

川島信彦・黒住 徹\*・山本英雄・岡本一宏\*\*

Development of a Greenhouse Covered with Corrugated Plastic Sheets (2)  
Strength of greenhouse model *Nara 1-B*

Nobuhiko KAWASHIMA, Tooru KUROZUMI, Hideo YAMAMOTO and Kazuhiro OKAMOTO

Summary

1. Full-scale loading tests of a greenhouse model *Nara 1-B* were carried out on each part of the roofs, lateral walls and foundations.
2. Safely load of roof which was obtained by the sandbag test was 175 kgf/m<sup>2</sup> for the wind load and 40 kgf/m<sup>2</sup> for the snow load.
3. Safely load of lateral walls was above 77 kgf/m<sup>2</sup>.
4. Safely pull-up load of the foundation was about 1 tf.
5. The basic wind speed for design was 45 m/s and the maximum snow depth for design was 20 cm, so that the strength of greenhouse model *Nara 1-B* was sufficiently confirmed for those loads.

Key words:

Greenhouse, Plastic sheet, Foundation, Strength, Sandbug test, Wind load, Snow load,

緒

言

実験材料および方法

前報<sup>1)</sup>では奈良農試が開発したFRA波板張りの園芸用ハウスについて報告したが、屋根は特殊な構造のため従来の施工基準は適用できない。また、園芸用ハウスの側面や基礎の強度についての実測データの公表例は少ない。そのため本ハウスを普及するためには強度の確認が必要となり、1976年から1978年にかけて屋根や側面に対する砂袋による荷重実験と、基礎の引抜実験などを実施したので、その結果を報告する。

本報告の一部は昭和53年度農業施設学会講演会において発表した。

\* 現在天理農業改良普及所

\*\* 現在吉野農業改良普及所

奈良農試 1-B型ハウスの強度を知るために、屋根、側面、基礎および波板ねじ止め法について、調査を実施した。供試した構造材は実証ハウスと同じ物で、各部分の構造、寸法は第1報で述べたとおりである。設計条件は最大瞬間風速45m/sec、最大積雪深20cmで、安全構造基準<sup>2)</sup>に従って丸屋根式連棟ハウスの標準的な部分について計算した荷重は、第1表のとおりである。安全率は各部分の安全限界強度を設計荷重で除算して求めた。本報で用いた荷重の単位とSI単位との関係は1kgf/m<sup>2</sup>=9.8N/m<sup>2</sup>=9.8Paである。なお、各種条件下の測定は、波板やビニルフィルムを複数区画張って行い、反復測定はしなかった。

第1表 奈良農試1-B型ハウスの設計荷重

Table 1 The maximum loading values of a wind and snows to design for greenhouse model *Nara 1-B*.

部位	高さ	風力係数	風荷重	雪荷重 (単位)
屋根面	3 m	-0.5	-28	20 (kgf/m <sup>2</sup> )
側面 (風上側)	2 m	0.8	37	- (kgf/m <sup>2</sup> )
” (風下側)	”	-0.4	-19	”
基礎	-	-	-390 <sup>*1</sup> 880 <sup>*2</sup>	(kgf/柱)

\*1 (屋根の風荷重) - (ハウスの自重)

\*2 (雪荷重) + (ハウスの自重) + (基礎の自重)

### 実験1. 屋根の強度

実証ハウスと同じ部材を用いて、砂袋荷重実験を実施し、波板の種類と厚さ、板幅 (アーチパイプ間隔)、アーチパイプ1本当たりのねじ止め数の異なる場合の強度を調査した。波板は、市販の2種類の32波のFRAを用いた。止めねじは4×13mmのテクスねじを用い、直径25mmの座金と粘着性のフェルトを介して波板を固定した。

風荷重は第1図に示したとおり、屋根の上下を逆にして、といの端をスタンドに載せて、砂袋により荷重を加えた。砂袋はポリ袋に砂を詰めたもので、一つの重さは5kgで、大きさはおおよそ25×25×5cmであった。荷重は25kgf/m<sup>2</sup>ずつ増し、谷とい中央部を上下に2cm程度ゆすっても破損しない荷重を、安全限界強度とした。なお、風荷重について50kgf/m<sup>2</sup>までは、3枚の波板全部に荷重をかけたが、それ以上の荷重については、中央の1枚のみ荷重を増した。

雪荷重については、第2図のとおり屋根を床上に設置して、荷重は10kgf/m<sup>2</sup>ずつ増し、風荷重と同様に安全限界強度を求めた。ただし連棟の谷部は、積雪が深くなるとされているので、当時のハウス構造安全基準暫定案<sup>2)</sup>に従って、とい付近の幅50cmについては1.5倍の荷重を加えた。

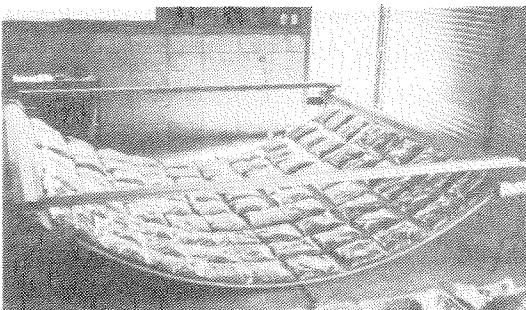


Fig. 1 Wind load test of the roofing.

第1図 屋根の風荷重実験の状況

板幅=90cm 砂袋荷重=50kgf/m<sup>2</sup>

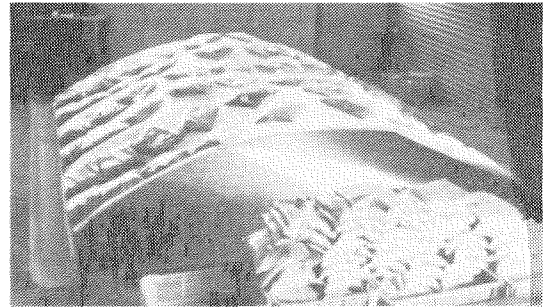


Fig. 2 Snow load test of the roofing.

第2図 屋根の雪荷重実験の状況

板幅=90cm 砂袋荷重=30kgf/m<sup>2</sup>

(谷とい付近は1.5倍)

### 実験2. 側面の強度

側面の強度は実験1と同様に実物を用いて風荷重に対する強度を調査した。砂袋は実験1と同じものを用い、ビニルフィルムでは22kgf/m<sup>2</sup>ずつ、波板では25kgf/m<sup>2</sup>ずつ荷重を増した。その状況は第3図のとおりで、柱を3m間隔で水平に置き、その上に直交して60×30×10×1.6mmのC型鋼の胴縁を3本取付けた。胴縁の間隔は実証ハウスでは60cmと55cmの部分があるが、実験では60cmとした。胴縁に平行にビニベットをカラー鉄線をはさみながら固定し、0.1mmのビニルフィルムをスプリングでとめた。

側面はビニルフィルム張りが標準仕様であるが、波板を張る場合も想定して、その強度も調査した。ただし、波板については柱と柱の間中部で幅約1m、長さ165cmの板を1枚張っただけで、テクスねじは谷止めで、フックボルトは山止めの強度を調査した。座金やフェルトは屋根の場合と同じものを用いた。

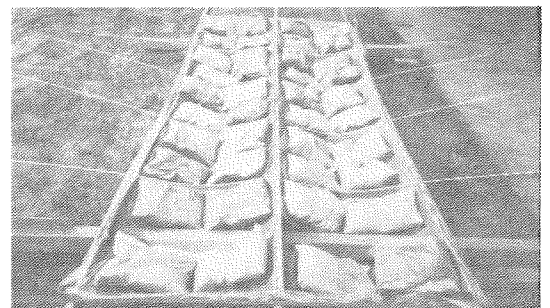


Fig. 3 Wind load test of lateral walls.

第3図 側面の荷重実験の状況

砂袋荷重=44kgf/m<sup>2</sup>

実験3. 基礎の強度

基礎の引抜強度は、ベース部の深さおよび大きさ、土壌水分、荷重の方向を変えて第2表の組み合わせで調査した。調査時におけるベース付近の地下30cmの土壌水分と、基礎の周辺土壌の土研式貫入抵抗試験機によるN値は、第2表のとおりであった。土壌水分は圃場に湛水して調節した。

この基礎は第1報<sup>9)</sup>で述べたとおりの方法で、実証ハウスの建設時に別途隣接圃場に設置した。ベース部は厚さ15cmの角型で、その上は高さ50cmの円柱で、頂部にアンカーボルトを埋め込んだ。ベースの下部は圃場の土を踏み固めただけで、栗石は用いなかった。約1年間屋外で放置した後に、引抜強度を調査した。

計測は第4図に示したとおり、基礎のアンカーボルトをH型鋼の中心に取付け、一端は地面に鋼板を敷いて支点を設け、他端は歪ゲージ式の圧縮荷重変換器（共和LC-2TG型）を介してガレージジャッキで持ち上げた。H型鋼の上下動は、基礎をまたいで設置した脚立にストローク50mmの差動トランスを取付けて測定した。荷重は動歪計（共和DPM-E型）、浮き上がり量は変位計（新光ICP-25S型）を用いて、2ペンレコーダーに記録した。

引抜はジャッキの手動操作により実施し、約300kgfずつ荷重を増す操作を、基礎が完全に浮き上がるまで、約1分ごとに繰返した。引抜応力はジャッキを上げる時に、瞬間的に大きな値を示したが、5～10秒後のほぼ安定した値を限界強度とした。

なお、斜め荷重はベースの大きさが70×50cmの基礎について実験する予定であったが、コンクリートの打込み時に基礎の配列方向を誤り、長辺方向に斜め荷重を加えられなかったので、50×50cmの基礎でH鋼とジャッキを15度傾けて取付けて引抜力を加えた。

第2表 基礎強度の処理と測定時の土壌条件

Table 2 Test conditions of foundations.

土壌水分	ベース cm	含水比 %	土研式貫入抵抗試験器のN値							
			0~10	~20	~30	~40	~50	~60	~70	
少	50×50	15	27	16	11	7	6	7	6	
中	40×40	21	14	9	7	4	5	8	8	
"	50×50	"	"	"	"	"	"	"	"	
"	50×70	22	20	12	7	6	4	6	8	
多	50×50	26	8	5	6	3	4	7	8	

基礎の深さ50cmと45cmは同じ条件で調査した。

含水比とN値は2ヶ所の平均。

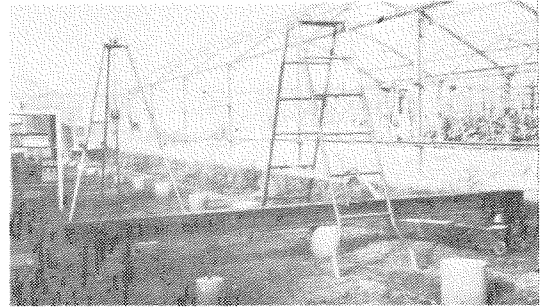


Fig. 4 Test of foundations.

第4図 基礎の引抜実験装置

実験4. 波板のねじ止め強度

波板縁部のねじ止め法の強度への影響を2種の板で比較した。実験の要因と水準は第3表のとおりで、L16直交表による組み合わせで実施した。測定には引張力試験機の代用として、旋盤のバイト台の自動送り装置を利用した。第5図に示したとおり、波板をパイプにねじ止めた側は歪みゲージを張った手製の荷重計を介して心押し台に固定し、波板の他方の端をバイト台に固定して速度100mm/分で破断するまで引張った。引張荷重は、動歪計を用いてペンレコーダーに記録した。供試したFRA波板は、1978年当時の市販品で、厚さの異なる2種の板は、別のメーカーの製品で、材質もやや異なっていた。

第3表 ねじ止め強度の要因と水準 (L16直交配列)

Table 3 Factors and levels of a screw clamp test.

要因	第1水準	第2水準
被覆資材(板厚)	FRA-1 (0.8mm)	FRA-2 (0.7mm)
座金直径	25mm	19mm
座金曲り	曲	平
フェルト粘着性	粘着性	否粘着性
ねじ締め強度	強	弱

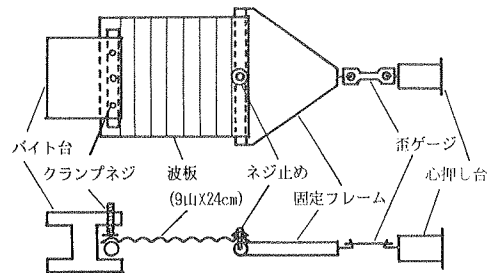


Fig. 5 Testing set of a screw clamp strength for corrugated plastic sheets.

第5図 ねじ止め強度実験の波板固定法

### 実験結果

#### 実験1. 屋根の強度

屋根の砂袋荷重実験の結果は、第4表に示したとおりである。奈良農試1-B型ハウスの標準仕様は、波板幅75cm、ねじ止め数7本、板厚0.8mmであるから、FRA-1の限界強度は、風に対して175kgf/m<sup>2</sup>、積雪には40kgf/m<sup>2</sup>で安全率はそれぞれ6.3と2.0あった。しかし、FRA-2の板厚0.7mmでは、風荷重に対しては安全率が2.7あったのに対して、雪荷重に対しては安全率が1しかなかった。

風荷重を想定した第1図の荷重実験では、部材の変形はごくわずかで、最大荷重時でも波板とアーチパイプが中央部で5cmくらい膨らむ程度であった。波板の破損はいずれも谷とい側から2本目のねじ止め部から始まり、その後、他のねじ止め部が連鎖的に破損した。

一方、雪荷重を想定した第2図の荷重実験では、荷重が大きくなるにつれて、波板が谷とい側の中央部でへこみ、天頂部は逆にふくれた。荷重がさらに増大すると、天頂部の波板が折損するか、谷とい側の波板のねじ止め部が破損し、波板がV字型にずり落ちた。またこの場合荷重の増加とともに、谷といのねじれがひどくなったので、波板が破損しない場合でも、谷とい中央部のねじれが30度になったところで、実験を中止した。

#### 第4表 屋根面の限界強度と安全率

Table 4 The safety load and the safety factor of roofings in various thickness of panels, number of fixing screws and width of panels.

被覆 資材	板厚 mm	ねじ止 本数	板幅 cm	限界強度kgf/m <sup>2</sup>		安全率	
				風荷重	雪荷重	風	雪
FRA-1	0.8	7	90	125	30	4.5	1.5
"	"	"	75	175	40	6.3	2.0
"	"	"	60	175	50*	6.3	2.5
"	"	9	75	-	60*	-	3.0
FRA-2	0.7	7	75	75	20	2.7	1.0
"	"	9	"	125	40	4.5	2.0
"	0.8	7	"	125	40	4.5	2.0

\*波板には異常が認められないが、谷といが著しくねじれたため実験を中止した。

ねじ止め間隔：7本=45cm 9本=谷側30cm 頂部45cm

#### 実験2. 側面の強度

実験結果は第5表のとおりで、安全率はビニルフィルム張りで少なくとも2あり、波板では4以上あった。基本構造であるビニルフィルム張りの場合は、外側から内側への荷重が77kgf/m<sup>2</sup>で実験を中止した。ビニルフィルムそのものは破れなかったが、第3図に示したように大きく伸びて、底部が20cm以上さがって地面につかえそうになり、胴縁のねじれも大きかったためである。逆向きの荷重はフィルムが伸びるだけと予想され、風力係数も1/2となるので実施しなかった。

波板の場合は、いずれも胴縁がねじれて、ねじ止め部に板に丸い穴があくパンチング破損を生じた。また、フックボルトの山止めのほうが、テクスねじの谷止めより破損しにくかった。

#### 第5表 側面の限界強度と安全率

Table 5 The safety load and the safety factor of lateral walls.

被覆 資材	板厚 mm	固定法	限界強度kgf/m <sup>2</sup>		安全率	
			外→内	内→外	外→内	内→外
ビニル	0.1	ビニペット	77*	-	2.1	-
FRA-1	0.8	テクスねじ	175*	100	4.7	5.6
"	"	フック(レ)	-	150	-	8.3
"	"	"(L)	-	150	-	8.3
FRA-2	0.7	テクスねじ	150*	75	4.1	4.2
"	0.8	"	150*	125	4.1	6.9

\*胴縁のねじれが著しく、波板はねじ止め部が破損。

胴縁間隔：60cm ねじ止め間隔：7山ごと(約23cm)

#### 実験3. 基礎の強度

基礎の引抜実験の結果は、第6表のとおりであった。ベースの大きさが50cm角で、深さが50cmの標準仕様では引抜強度が1tf以上あり、安全率は3程度あった。基礎が浅く、土壌水分が多いほど、強度が低下する傾向がみられたが、弱い場合でも2前後の安全率があった。基礎の持ち上がりは引抜荷重が600kgfまでは大部分1mm以下であったが、荷重の増加にともなって急に大きくなり、持ち上がりが20~40mmで引抜強度が最大となった。以後引抜荷重は徐々に減少し、完全浮上時の土付きの基礎の重量は400kg前後であった。

斜荷重に対する限界強度は鉛直方向に荷重をかけた場合と大差はなかったが、600kgf荷重時の浮き上がりは斜荷重の方が大きかった。

基礎周辺の土の持ち上がり方は、2種に大別された。第6図aに示したように、掘り型の外側に四角形の割れ

目が生じ、逆四角台錐状に持ち上がるケースと、第6図bのように、掘り型の内側に四角形の割れ目が生じ、さらにその頂点から周辺に割れ目が広がり、板状に土が持ち上がるケースがあった。どちらの場合も引抜限界強度の差は小さく、処理との関係も不明であったが、後者の方が、基礎の浮上後の重量は大きかった。

第6表 基礎の引抜限界強度と安全率

Table 6 Safety pull-up load and the safety factor of foundations in various conditions.

荷重方向	土壌水分	ベース cm	深さ cm	限界強度 kgf	基礎浮上 mm/600kgf時	安全率
鉛直	少	50×50	45	1410	0.7	3.6
			50	1470	0.5	3.8
	中	40×40	45	790	4.5*	2.0
			50	1080	4.0*	2.8
		50×50	45	1005	1.0	2.6
			50	1140	0.7	2.9
50×70	45	1200	0.4	3.1		
	50	1500	—	3.8		
斜	多	50×50	45	690	1.0	1.8
			50	1140	1.0	2.9
斜	中	50×50	45	1170	2.1	—
			50	1200	1.1	—

\*引抜荷重675kgf時

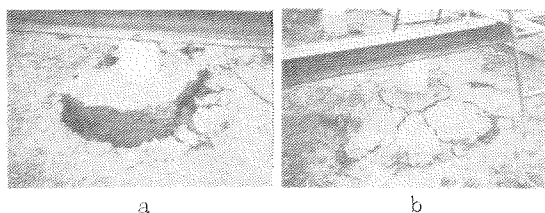


Fig. 6 Cracks of the ground after pull-out test.

第6図 基礎の引抜後の割れ目の状況

#### 実験4. 波板のねじ止め強度

要因効果を分散分析したところ、波板の種類とねじの締付け強さおよび両者の相互作用に、それぞれ1%水準で有意差が認められた。第7表はその2元表で、厚いFRA-1の方が強かったが、ねじ締め強度の影響が大きかった。他の要因効果はごく小さかった。

波板の破断は、ねじ穴から切れ目が生ずる場合と、フェルトと座金で締付けられている板が、半円形にちぎれる場合があった。

第7表 波板のねじ止め部の破断引張荷重 (kgf)

Table 7 The braking tention value of a panele edge under different fastening force.

被覆資材	板厚 mm	ねじ締め強度	
		強	弱
FRA-1	0.8	133	76
FRA-2	0.7	53	41

## 考 察

### 1. 実験法の問題点

屋根の強度については、砂袋による荷重実験のため実際の風や雪による荷重とは多少条件が異なるかもしれない。風による波板の破損では、桑原ら<sup>9)</sup>が調査しているように、風による被覆資材の震動は無視できない。また建築学会の荷重基準案<sup>9)</sup>では、風の軽量構造物における動的作用として、風向方向の震動と風向と直角方向の震動について注意を促している。著者の1人は1980年の台風19号の襲来時に、奈良農試1-B型ハウスおよびフェンロー型ガラス室の状況を観察する機会を得たが、屋根全体が0.5秒程度の周期でかなり大きく上下に震動していた。このような状況を考慮すれば動風圧試験装置を用いることが望ましいが、大がかりな装置のため利用できなかった。山下ら<sup>10)</sup>は波板の強度試験用としてエアバッグを用いる簡便な方法を考案している。この装置では負圧は加えられないが、正圧については比較的簡単に変圧ができるであろう。本実験では動風圧に対する多少の余裕を見込む意味で、といを上下に2cm程度揺る操作を加えた。ただし、実際に震動中に破損した例は少なくほとんどの場合は砂袋の増加作業中に破損した。

側面についてはビニルフィルム張のため、屋根以上にはためきによる瞬間的な荷重が問題となる。本報の方法では、フィルムの引張切断荷重に対応する強度が求められたが、衝撃荷重に対する強度は実験装置の関係で調査できなかった。側面や妻面のビニルフィルムは2年間利用することが多いので、フィルムの劣化による強度の低下についても検討を要する。

積雪時の波板の状況は、砂袋実験の時と必ずしも同じではなかった。設計条件の最大積雪深に近い18cmの積雪

時の状態をみると、砂袋の載荷時のような波板のへこみは生じていなかった。また試験では、構造基準暫定案<sup>9)</sup>に従って谷側の荷重を増したが、実際には波板の押さえ棒が雪の滑り止めになり、谷側の積雪深が深くなることはなく均一に積もっていた。これはガラス室で谷部に雪が集まっているのと好対照を示していた。したがって奈良農試1-B型ハウスの耐雪性は、第4表のデータより強い可能性が大きい。

基礎の引抜強度は引抜速度により変化する。今回のように段階的に荷重を増すと、徐々に割れ目が広がり応力は時間の経過とともに減少した。しかし、瞬間的な応力では20%くらい大きめの値が出ており、一気に引き抜く場合は第6表よりもかなり大きな値を示すものと思われる。

ねじ止め法について、最近では波板の谷から谷までの1山をカバーする大型の座金が開発されている。本報で用いた座金はこれに比べるとかなり小さく、さらに強度向上の余地が残されている。

## 2. 奈良農試1-B型ハウスの強度と安全性

### (1) 屋根について

風荷重については、前述の動的荷重には多少の問題を残しているものの、現行の設計基準<sup>10)</sup>による荷重に対しては、十分に安全なことが確かめられた。特に奈良農試1-B型ハウスの屋根構造は、ねじ止め数が慣行の屋根の場合の5~7本/m<sup>2</sup>に対し、押さえ棒のナットを加えても3.6本/m<sup>2</sup>と、1/2程度の少ないねじ数でありながら、風荷重に対しては慣行のフックボルト止めの屋根と同等以上の強度があった。さらに前述の台風時の観察によれば、奈良農試1-B型ハウスの場合は谷とい部の隙間に詰めたコンプリバンドがはずれた部分では、板の端が細かく震動していたが、全体としては慣行の屋根型ハウスで見られるような、波板のはためき現象は見られなかった。これはアーチ型の展張の効果と見られる。

局部風圧に関しては、奈良農試1-B型ハウスは当時のオランダの基準<sup>9)</sup>を参考にして、妻面に接する屋根の波板1枚のみについて、波板を固定するアーチパイプの間隔を半分にした。現在の設計基準<sup>10)</sup>では局部の風力係数を1.5としているから、第1表の設計荷重の3倍の風圧になるが、標準の施工法であれば、なお安全率は2あるので問題はない。また非常時として、風上側の側面が破れ風下側の側面が破れない場合や、風速60m/secの場合を想定しても、どちらか1つの場合には耐えられる。

積雪荷重についても、標準仕様では十分な安全率があった。標準よりも薄い波板を用いる場合も想定して厚さ0.7

mmの波板も調査したが、この場合は雪に対してやや強度が不足しており、止めねじ数を9本にする必要があると判断された。本ハウスは連棟型のため、もともと多雪地帯には適さない構造である。しかしアーチパイプの間隔を狭くし、波板のねじ止め数を増せば設計荷重の2~3倍まで波板は破損しない。ただし谷といのねじれば、両側に屋根があるとさらに増加する可能性があるため、その対策が必要である。片側の屋根面の雪の滑落にともなう片荷重は、しばしばハウスの倒壊の原因となる。片荷重についてはとくに調査しなかったが、砂袋の除去作業中の状態からみると、設計荷重の範囲内では問題はないと判断された。

### (2) 側面について

側面の強度は設計荷重に対してビニル張りでも問題はなく、波板の場合も十分な強度があった。ただし、ビニペットのスプリングの挿入時にビニルが切れた場合は、荷重を加え続けると裂け目が拡大した。前述のとおり、はためきの影響は今後の検討課題である。なお、風上側の側面の風力係数について設計基準<sup>10)</sup>では0.8となっているが、屋根型ハウスの模型による計測で、中崎<sup>8)</sup>は0.7~0.8とし、柏原<sup>3)</sup>は0.7と報告しており、若月<sup>11)</sup>は0.65を提案し、奈良<sup>7)</sup>は0.4~0.6を得ている。しかもその値は最大部分の数値であるから、設計基準の風力係数はかなり余裕を持った数値と考えられる。

妻面について、風上側の風力係数は0.9と大きいのが、フィルムの固定レールの間隔が狭くなっているため、十分に耐えられるであろう。

### (3) 基礎について

ハウスは水田に建設されることが多く、暴風時には地下水位が高くなることが多い。また本ハウスのように、とくに勾配を付けるために基礎の高さを変えた場合は、同じ規格の基礎にすると一部が浅くなることもある。そこで種々の条件下で基礎の引抜強度を比較した。土壌水分が多く、基礎が浅く、ベースの大きさが小さいほど弱くなったが、いずれも必要な強度はあった。ただし限界強度は基礎が20~40mm浮き上がった時の値であるから、荷重を除去しても完全には元に戻らない。変形の恐れがない引抜荷重は、ベースの大きさが50cm角の標準仕様の基礎で、浮き上がり量が1mm程度となる600kgfまでである。

基礎への実際の風荷重は、側面や妻面の風圧により斜め上向きになる。とくにブレースを付ける柱は、大きな側圧がかかる。前述のとおり、ブレースを付ける柱については実測できなかったが、標準サイズの基礎の結果からみて問題はないと思われる。

基礎の下向き荷重に対する強度は実測しなかった。第1表に示した積雪時の荷重以外に作物荷重が加わるが、通常 $15\text{kg}/\text{m}^2$ 程度であるから、本ハウスの場合は標準の $50\times 50\text{cm}$ のベースで $0.45\text{kgf}/\text{cm}^2$ となる。この値は人間の踏圧程度であり、普通の土壌であれば十分に耐えられる。さらに当場の場合は、第2表のとおり地下 $50\text{cm}$ 以下ではN値が大きくなっていった。

#### (4) 波板のねじ止め法について

ねじ止め法については、締め付け強さにより板の保持強度に差があり、波板の種類の影響も見られた。波の高さがFRA-2のほうが深いため、ねじの締め付けが弱くても、パイプとの摩擦が大きくなったためではないかと考えられる。この実験方法による破断荷重は屋根の強度と相関が高いと考えられ、新しい資材を屋根に張った場合の強度をある程度予測することができる。

#### (5) 主骨について

以上のとおり、各部分の強度と安全性は確かめられたが、本ハウスの強度は全体としては主骨の強度に依存することになる。主骨にはフェンロー型ガラス室用に市販されているものを利用しており、数社から種々の強度に対応する型が販売されている。ガラス室用の主骨に軽いFRAの屋根を載せたことによる問題もある。奈良農試で使用した型式ではラチス梁の下弦材が細いため、ねじれによる座屈を防ぐための補強材を兼ねて、運搬レールを取付けた。

### 3. 安全構造基準の問題点

以上のとおり、奈良農試1-B型ハウスの各種荷重に対する強度は確認された。しかし、構造設計基準には若干の問題が見られる。

側面に関する波板の強度実験結果は屋根面の場合にも適用できる。十分な強度があり実用上の問題はないが、母屋材が弱くねじれの強い場合には構造設計基準に示されている強度の $1/3$ 程度しかなかった。一方の数値は破壊強度で他方が安全限界強度である点を勘案しても、その差は大きすぎる。山下<sup>11)</sup>の実験では、積雪荷重に対してはかなり強く、被覆資材は折損するケースが多かったが、本報の方法では母屋のねじれにより、ねじ止め部が破損した。したがって、より正確を期すならば、座金とねじや母屋(胴縁)材も含めた試験が必要である。

風荷重について、園芸用ハウスでは前述のとおり、動的な荷重に対する対策が重要であると考えられる。しかし、この点については構造設計基準では触れられていない。風に対する強度の計測は模型実験に頼らざるをえないが、相似則の問題があり現実との整合性に不安がつき

まとう。限られたケースにはなるが、自然の強風下での実測データも収集して模型実験と照合し、かつ動的な荷重についてもデータを蓄積する努力が必要であろう。

## 摘 要

1. 奈良農試1-B型ハウスの屋根・側面・基礎などについて、実物により強度を調査した。
2. 屋根面の強度を砂袋荷重により測定したところ、安全限界強度は、風荷重に対して $175\text{kgf}/\text{m}^2$ 、雪荷重には $40\text{kgf}/\text{m}^2$ であった。
3. 側面の安全限界強度は、 $77\text{kgf}/\text{m}^2$ 以上あった。
4. 基礎の引抜限界強度は、1 tf程度であった。
5. 設計条件は基準風速 $45\text{m}/\text{s}$ 、最大積雪深 $20\text{cm}$ であるから、十分に安全な強度のあることを確認した。

## 引用文献

1. DUTCH CODE. DESIGN NEN 3853. 1970. Technical bases for the calculation of greenhouse structures. 1-9.
2. 羽倉弘人. 1975. 園芸用施設安全構造暫定基準について. 施設園芸要覧 1975. 9-24. 施設園芸協会.
3. 柏原俊規. 1976. 園芸用ビニールハウスの風力係数-単棟切妻ハウスについて-. 高知高専学術紀要 12 : 61-71.
4. 川島信彦・黒住 徹・山本英雄・岡本一宏. 1985. プラスチック波板を用いた園芸用ハウスの開発. (第1報) 奈良農試1-B型ハウスの構造と建設費. 奈良農試研報 16 : 19-28.
5. 桑原孝雄・中崎昭人・玉井佐一・米山元紹. 1976. 施設園芸ハウスの固有振動特性. 農土論集 64 : 52-58.
6. 中崎昭人・玉井佐一・桑原孝雄・原 憲次. 1973. 切妻型1棟建ハウス周囲の二次元的風圧分布特性. 農土論集 44 : 49-56.
7. 奈良 誠. 1983. 温室の風圧係数に関する研究 (I) 風速分布と風圧特性について. 農土試技報 151 (LI-3) : 1-6.
8. 日本建築学会. 1975. 建築物荷重基準案. 同解説.
9. 日本施設園芸協会. 1974. 園芸用施設安全構造暫定基準(案).
10. 農林水産技術会議事務局. 1980. 構造設計施工基準. 高能率園芸施設計画・設計基準に関する研究成

果. 7-94.

11. 山下 進・筒井義富・佐藤義和. 1986. 園芸施設用硬質板の破壊強度試験方法と測定結果の利用. 農土試報 25 : 211-236.
12. 若月 学. 1978. 園芸用施設の耐風性に関する研究(その2). 千葉工大研報(理工編) 23 : 209-219.