

## 제주형 작물재배용 비닐하우스의 모델개발 - 풍하중에 대한 수치해석

권기린\* · 김용호<sup>1)</sup> · 민창식<sup>2)</sup>

공과대학 기계공학과 · <sup>1</sup>감귤연구소 · <sup>2</sup>동국대학 토목공학과

## A Development of Cheju-style Plastic Greenhouse Model for Crop Growing - Numerical Analysis for Wind Loading

Ki-Rin Kwon · Young-Ho Kim · Chang-Shik Min

*Dept. of Mechanical Engineering, Cheju National University, Cheju,  
Chejudo, 690-756, Korea*

<sup>1</sup>*Cheju Citrus Research Institute, NamKun, Chejudo, 697-310, Korea*

<sup>2</sup>*Dept. of Civil Engineering, Donggook University, Seoul, 100-715, Korea*

An elastic analysis under wind load is performed for the double layered plastic greenhouse model developed particularly for minimizing damages under typhoons at Cheju Citrus Research Institute in Chejudo. General EVA film is used for the inner covering and for the outer covering the developed special film which would break the wind pressure down is used. Based on the wind tunnel test, this special film will reduce effectively the wind speed by up to 86 to 98% under very controlled situation. Many more tests need to be performed to adopt the results to greenhouse analysis.

Based on the elastic analysis performed in the study, the behavior of the greenhouse is changed dramatically due to the boundary conditions. Not like other researchers before we applied dead load of the concrete support at the ground pipe and fixed support boundary conditions at the 4 corner pipes. The analysis shows that the greenhouse is lifted and pulled the pipe out of the ground due to the sucking wind pressure. The behavior of the greenhouse is very much similar to that one real greenhouse failure.

Therefore, not only we need to find the realistic boundary conditions for the supports, but also need to perform many more researches to find how to rest the pipe supports on the ground without losing economy.

## 서 론

제주도에서 80년대 초 바나나가 재배되기 시작하면서 배관용 강관을 재료로 한 아치형하우스 재배면적이 급증하여 440ha에 달하였으나 80년대 말 수입자유화 영향으로 재배면적이 급감하여 화훼, 밀감하우스로 전용되기에 이르렀다. 87년도부터 바나나 대체작목으로 온주밀감이 재배되기 시작하면서 재배면적이 급증하여 97년 현재 554ha<sup>1)</sup>로서 점차적으로 증가되리라 예상되고 있다.

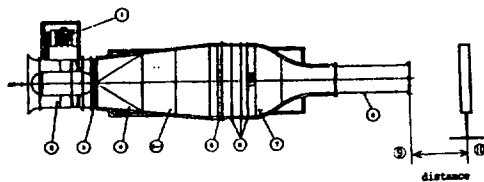
제주도 원예시설은 바나나온실을 중심으로 발전하여 왔기 때문에 육지의 원예시설에 비해 동고가 높고 폭이 좁으며 골조가 매우 튼튼하게 되어 있으나, 제주지역은 섬이므로 바람의 영향을 크게 받기 때문에 다른 지역의 원예시설과는 달리 시설의 안정성이 매우 중요시되고 있다<sup>2)</sup>. 또한 시설이 대형화에 대응할 수 있는 구조의 안정성 문제, 시설의 집단화와 단지화를 위한 구조설계나 시공체계가 확립되어 있지 못한 실정이다<sup>3)</sup>. 이러한 제반 문제중 구조 문제를 해결하고, 급 후 큰 태풍내습에 대비하여 바나나 재배용 비닐하우스 시공 경험으로 파풍망의 효과를 살려서 내풍형 하우스를 설치하여 태풍에 의한 도괴방지, 고온방지, 빗물 침투예방으로 고품질 밀감 효과를 살려서 내풍형 하우스를 설치하여 태풍에 의한 도괴방지, 고온방지, 빗물 침투예방으로 고품질 밀감의 지

속적인 안정생산을 위하여 제주형 작물재배용 비닐하우스의 모델을 제시하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 설계지배하중인 풍하중을 작용시켜 수치해석을 시도하고 이에 따른 전반적인 문제점을 지적함으로써 하우스모델에 대한 이론적 거동을 규명하고, 이를 토대로 경제적이면서도 태풍의 피해를 최대한 줄일 수 있는 방법을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 파풍망의 감속 풍동실험

본 실험은 비닐하우스용 파풍망의 풍속감속효과를 알아보기 위하여 수행되었다. Fig. 1은 풍동실험장치의 개략도이며, 사용된 실험장치의 제원은 Table 1과 같다. 1차 실험은 Pitot tube (Bent shaft Type : FCO65 ; Furness Control Ltd. England)로



- |                  |                            |
|------------------|----------------------------|
| 1. Motor(D.C)    | 6. Screen                  |
| 2. Axial Blower  | 7. Contraction Body        |
| 3. Flexible Duct | 8. Test Section            |
| 4. Diffuser      | 9. Test Section Support    |
| 4-1. Diffuser    | 10. Special Film Supporter |
| 5. Honey Comb    |                            |

Fig. 1. Schematic diagram of Wind tunnel experimental apparatus

실험범위의 풍속을 측정 한 다음 30cm 전방에 비닐하우스용 파풍망을 400×400의 Test section내에 설치하여 풍속감속 효과를 측정하였다.

Table 1. Open Type Wind Tunnel

Item	Specification
Range of wind velocity	0.5 - 40 m/sec
Test section	400(D)×400(H)×1200(L)m/m
Blower type	Axial fan
Driving motor	A.C 7.5KW

2차 실험은 Test section에서 실험범위의 풍속을 발생시켜 Pitot tube로 정확히 체크한 다음 미리 제작한 지지대 위에 파풍망을 고정시켜 이때 통과한 후의 풍속을 측정하였다. 보다 정확한 계측을 위하여 파풍망 중심부분으로 부터 30 cm 뒤에 풍속계를 고정시켜 후방풍속을 측정하였고, 파풍망을 통과시키기 전의 풍속을 측정 위치에서 0, 20, 40, 50cm 뒤로 파풍망을 이동시키면서 풍속의 감속효과를 측정하였다.

## 2. 해석 모델 및 경계조건

1) 해석모델 - 공시된 하우스 모델은 제주감귤연구소의 아치형 하우스 감귤재배용 파이프하우스로(Fig. 2 참조) 단동의 제원은 밑면이 5.5m x 30m이고 기둥의 높이가 3.3m이며, 지면에서 아치까지의 최고높이는 4.4m이다. 공시된 하우스는 사용자의 요구에 따라 3~6연동 또는 그 이상으로 설치될 수 있는 구조이며, 지붕은 2중 구조로 내부아치의 피복재는 두께가 0.1mm인 EVA 필름을

사용하고 외부아치의 피복재는 파풍의 목적으로 특수하게 PE소재로 직조된 파풍망 [기존의 차광망과 유사하나 좀더 치밀한 2중 망으로 직조]을 피복 되어있다. 하우스 측면에  $\phi 4\text{mm}$ 스틸와이어로 된 버팀줄을 6m 간격으로 총 6개 배치하여 강풍에 대비하도록 되어있다. Fig. 2의 ABAQUS<sup>4)</sup> 모델에서 버팀줄은 양측면에 스프링으로 도시되어 있다.

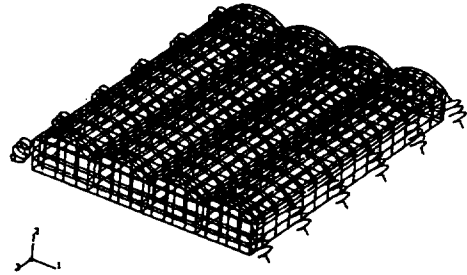


Fig. 2. Arched roof pipe greenhouse in the Cheju citrus research institute(4 span model)

2) 경계조건 - 비닐하우스를 해석하는데 있어서 경계조건에 따라 하우스의 거동은 매우 급격하게 변함으로 현장 비닐하우스의 경계조건을 최대한도로 사실적으로 표현하는 것이 해석의 신빙성을 좌우하는 관건이라고 할 수 있다. 일반적으로 지반 경계조건을 고정 단으로 보아 해석하지만<sup>2,3,7)</sup> Fig. 3에서 보는 바와 같이 지반에 구멍을 파고 마름모꼴의 콘크리트를 타설하고 여기에 파이프를 정착시켜서 하우스를 제작하고 있다. 따라서 지반 평면으로의 이동은 지반의 연직방향에 비해서 이동이 어렵다고 보아 고정하고, 지반 연직방향으로는 움직일 수 있다

고 보아 경계조건을 주었다. 해석상에서 구조물을 안정시키기 위해서 하우스의 4 모서리는 회전변위만 있고 x, y, z방향의 연직변위는 억제한 한지로 가정하였다. Fig. 4에 본 연구에서 사용한 경계조건이 도시되어 있다. Fig. 4은 ABAQUS에 의해서 그려졌으며, 화살표는 그 방향으로의 변위가 고정되어있음을 표시한다.

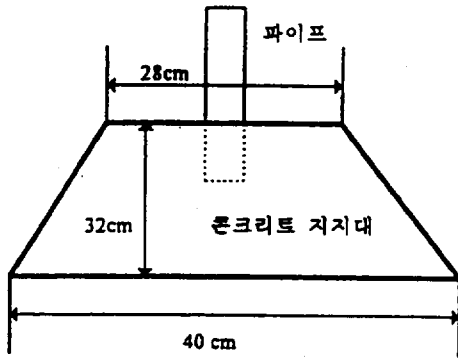


Fig. 3. Shape of individual concrete support(Frustum of pyramid)

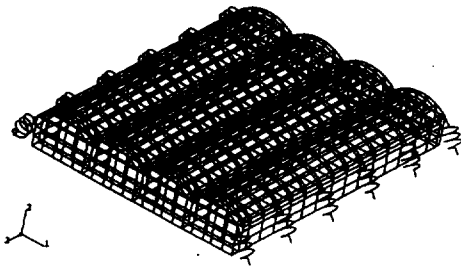


Fig. 4. Boundary conditions of the model

파이프 지지대의 경계조건으로는 지지대의 콘크리트 중량이 지점에 아랫방향으로 지지대의 하중을 재하하는 것으로 가정하였다. 풍하중이 하우스를 들어올리는 양력에 콘크리트 지지대가 사하중으로 저항한다고

가정하였다.

무근콘크리트의 단위중량은  $2,350\text{kg/m}^3$ <sup>8)</sup>로 계산하였다. 절단된 피라미드의 체적 계산식은 식 (1)과 같이 표현되며<sup>9)</sup>, 계산결과는 아래와 같이 된다.

$$\begin{aligned} V &= \frac{1}{3}h(B_1+B_2+\sqrt{B_1B_2}) \\ &= \frac{1}{3}(32)(28^2+40^2+\sqrt{28^2+40^2}) \\ &= 37,376(\text{cm}^3) \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

여기에서,  $B_1$ 은 밑면의 넓이이고,  $B_2$ 는 윗면의 넓이이며,  $h$ 는 피라미드의 높이이다. 따라서 하나의 지지대가 하우스에 주는 사하중은  $37,376 \times 2350 / 100^3 = 87.8\text{kg}$ 이 되며, 이 사하중을 2번 방향의 반대방향으로 각각의 지지대에 재하하였다. 하우스의 파이프와 피복재 비닐의 사하중은 상대적으로 작을 뿐만 아니라, 생략하는 것이 해석결과에서는 오히려 안전측을 주므로 본 연구에서는 무시하였다.

2중 구조로 되어있는 지붕아치는 Y-형 접속장치를 이용하여 연결하였다. 따라서 아치가 연직부재와 만나는 접속점은 내부한지로보아 경계조건을 주었다. ABAQUS에서<sup>10)</sup> 내부한지는 MPC (Multi-point constraints)의 'PIN'를 이용하여 구성할 수 있으며, 이는 한 절점에 두 개의 절점번호를 주고 하나는 주절점으로 다 큰 하나는 종속절점으로 설정하므로서, 아래의 식 (2)에 주어진 내부한지 조건을 만족시킬 수 있다. Y-형 접속 장치이외의 하우스의 모든 연결은 해석상에서 고정절점으로 보아

해석하였다.

$$U_x^a = U_x^b, U_y^a = U_y^b, U_z^a = U_z^b, \\ \theta_x^a \neq \theta_x^b, \theta_y^a \neq \theta_y^b \text{ and } \theta_z^a \neq \theta_z^b, \dots (2)$$

3) 해석프로그램 - 수치해석은 범용 유한요소해석 프로그램인 ABAQUS를<sup>4)</sup> 사용하여 시도하였다. Pre-processing은 HyperMesh<sup>10)</sup> 프로그램을 사용하여 시도하였다. 현재 ABAQUS와 HyperMesh는 대전의 시스템공학연구소의 (System Engineering Research Institute, SERI) Cray Y-MP C90와 Workstation에 각각 내장되어 있어서 네트워크를 이용하여 제주대학교에서 연결하여 사용하였다. 요소는

ABAQUS의 공간 보 요소인 2절점의 'B33' 요소를 사용하였고, 단면은 파이프 단면을 직접 사용하므로서 단면2차모멘트 등의 계산을 피하였다. 파이프의 단면은 손상이 되지 않아 원형을 그대로 유지하고 있다고 가정하였다. 실제에 있어서 파이프의 단면은 시공과정에서 변형되어 원형을 그대로 유지하지 못한 단면이 존재할 것이다. 좀더 정확한 해석을 하기 위해서는 이러한 단면의 변형을 모델링에 고려하여야 할 것이다. 사용파이프는 모두 3종류로써 배관용강관  $\phi 40$ 과 구조용강관  $\phi 25$ 와  $\phi 20$  사용하여 제작하였다. 사용된 파이프와 와이어의 재원은 Table 2에 주어졌다.

Table 2. General properties of carbon steel pipes and wire

size	Outside diameter (mm)	Diameter allowance (mm)	Thickness (mm)	Unit Weight (kg/m)	Modulus of elasticity (kg/cm <sup>2</sup> )
$\phi 20$	27.2	$\pm 0.5$	2.65	1.60	2.1 x 10 <sup>6</sup>
$\phi 25$	34.0	$\pm 0.5$	3.25	2.46	
$\phi 40$	48.6	$\pm 0.5$	3.25	3.63	
Wire (4mm고려)	4.0	-	-	-	

### 3. 하중 및 외력

1) 고정하중과 내부장비하중 - 본 연구에서 고정하중은 다른 하중에 비해서 미비하다고 보아 생략하였고, 내부장비하중은 NGMA<sup>11)</sup>에서는 외적인 활하중에 대하여 45.5kg을 적용하도록 하고 있고, 내적인 활하중은 73.3kg/m<sup>2</sup>를 제시하고 있다. 초기인 본 연구 단계에서는 계산의

복잡함을 피하기 위해서 활하중의 영향을 무시하였다.

2) 설하중 - 제주지역에는 적지 않은 적설량이 기록되고 있어서 적설하중도 설계 시에 고려하여야 할 것이다. 재현기간이 30년(확률 0.33)을 고려하면 설계적설심은 제주시 20.6cm, 서귀포시 21.9cm, 성산포 23.4cm를 기록하고 있다. 설하중은 적설깊이가 50cm이하인 경우 1.0kg/cm<sup>2</sup>로

구할 수 있다. 본 연구 단계에서는 설하중을 생략하였으나 추후의 연구에는 고려할 예정이다.

3) 풍하중 - 제주도는 지역적인 특성상 그 동안 많은 태풍의 피해를 받아왔다. 따라서 하우스 설계시에 이 풍하중을 주된 설계하중으로 고려하여야 할 것이다. 1985년부터 1995년 도까지 10년간의 제주지역의 바람현황을 조사한 결과, Table 3에서 보는바와 같이 최고의 순간 최대 풍속은 1986년 8월 28일에 41.6m/s의 값을 기록하고 있으며, 다음으로 1985년 10월 5일에 38.8m/s의 순간최대 풍속이 기록되고 있다. 원예용시설 안전 구조기준(안)<sup>12)</sup> 재현기간이 30년인 경우에 제주시의 설계풍속은 41.6m/s로, 서귀포시는 45.7m/s 그리고 성산포지역은 42.5m/s로 제시하고 있다. 건설교통부에서 1996년에 제정한 '도로교표준시방서'<sup>8)</sup>에서는 제주지역을 4지역으로 구분하여 구

조물 설계 기본 풍속은 45m/s로 제시하고 있다. 본 연구에서는 안전 측면이라는 의미에서 도로교표준시방서의 45m/s를 적용하였다.

풍하중의 계산은 원예용시설 안전 구조기준(안)<sup>12)</sup>에 의거하여 계산하였으며, 그 식은 아래와 같이 표현된다.<sup>13,14)</sup>

$$P = q \times C \times A \dots\dots\dots(3)$$

여기에서,

$P$  : 풍하중 (kg),

$q$  : 설계 속도압(kg/m<sup>2</sup>)으로  $0.016V_o^2\sqrt{h}$ 이며

$C$  : 풍력계수로  $\frac{F}{Aq}$  이다.

$A$  : 유효 수압 면적 (m<sup>2</sup>),

$V_o$  : 설계용기준풍속(m/s),

$h$  : 시설물의 지표면으로부터의 높이 (m),

$F$  : 수압 면에 작용하는 풍력의 총합 (kg).

Table 3. Maximum wind speed and Instant maximum wind speed during 1985 and 1995 in the Cheju area.

Year	Maximum wind speed(m/s)	date	Instant maximum wind speed(m/s)	date
1985	21.8	10/05	38.8	10/05
1986	19.0	8/28	41.6	8/28
1987	24.0	1/12	35.3	8/30
1988	17.7	12/16	25.9	1/23
1989	23.0	2/26	31.6	2/26
1990	23.0	11/09	29.7	11/20
1991	24.3	9/27	30.0	9/27
1992	25.2	1/31	30.8	11/20
1993	26.8	4/24	32.3	1/27
1994	17.7	8/13	25.9	6/18
1995	23.7	3/10	35.0	11/07

풍하중계산은 바람의 방향이 하우스의 측벽과 수직인 경우에 대해서만 고려하였으며, 이때  $q=0.016(45^2)\sqrt{3.85} = 63.6(\text{kg/m}^2)$ 이며, 여기에서  $h$ 는 아치의 평균높이로  $3.3+1.1/2=3.85\text{m}$ 를 사용하였다. 따라서  $P=63.6 C \times A(\text{kg})$ 로 계산된다.

## 결과 및 고찰

### 1. 풍동실험

1, 2차 풍속 측정 결과는 Table 4와 5에 각각 제시되어 있다<sup>5,6)</sup>.

Table 4. First experimental results of wind speed reduction due to wind-break net installed inside of the duct

Inflow velocity [ $V_1$ (m/s)]	Outflow velocity [ $V_2$ (m/s)]	Speed reduction ratio(%) $(1 - \frac{V_2}{V_1}) \times 100$
5	0.1	98
10	1.3	87
15	2.2	85
20	2.8	86
25	3.3	86

Table 5. Second experimental results of wind speed reduction due to wind-breakup net installed outside of the duct (30cm from the duct)

Distance from the duct entrance(cm)	Inflow velocity [ $V_1$ (m/s)]	Outflow velocity [ $V_2$ (m/s)]	Speed reduction ratio(%) $(1 - \frac{V_2}{V_1}) \times 100$
0	5	0.92	82
	10	0.41	92
	15	0.2	96
	20	0.1	98
20	5	2.04	80
	10	2.01	80
	15	1.94	81
	20	1.71	83
40	5	3.3	78
	10	2.71	82
	15	2.62	83
	20	2.56	83
50	5	3.62	82
	10	3.02	85
	15	2.78	86
	20	2.06	90

1차 실험에 의하면 파풍망의 효과는 풍속이 5~25m/s일 때 파풍망을 통과한 유출속도가 매우 효과적으로 86~98%까지 감소하였다. 2차 실험에서는 파풍망을 뒤로 0cm 이동시켰을 때 78~82%가 감소되는 효과를, 20cm 이동시켰을 때 80~92%가 감소되는 효과를, 40cm 이동시켰을 때 81~96%가 감소되는 효과를, 50cm 이동시켰을 때는 83~98%가 감소되는 효과를 얻을 수 있었다. 따라서 시중에서 통칭되어 사용되는 파풍망의 풍속감소 효과는 대단히 큰 것으로 나타났다.

## 2. 풍하중과 풍력계수

풍력계수 C는 원예용시설 안전 구조기준(안)에 내부압력과 외부압력계수를 고려하여 아치형 연동 하우스일 때 Fig. 5와 같이 제시되고 있다. [원예용시설 안전 구조기준(안)에 풍력계수 C가 어떻게 계산되었는지에 대한 자세한 자료는 주어지지 않고 있지만, 본 연구에서는 구조기준(안)에 주어진 풍력계수 C를 그대로 사용하여 계산하였다.]<sup>11)</sup>

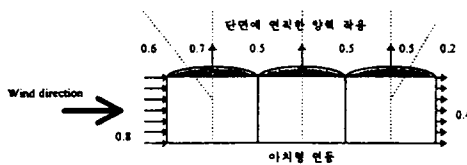


Fig. 5. Pressure Coefficient C

1) 국부풍력계수 - 지붕의 들레, 용마루 및 벽면의 모서리 부분 등 구조물의 국부에 2배의 하중이 작용할 수 있도록 참고문헌 원예용시설 안전

구조기준(안)과 NGMA는 국부풍력계수를 도입하고 있다. 이때 국부풍력이 작용하는 면적은 (1) 10%의 최소폭, 또는 (2) 40%의 평균높이 중 작은 값으로 하며, 이 값은 90cm 이상이어야 한다고 제시하고 있다. 따라서 (1)  $0.1 \times 5.5 = 0.55m$ , (2)  $0.4 \times 3.85 = 1.54m$ 에서 작은 값으로  $a = 0.55m$ 인데, 이 값은 0.9m 이상이어야 하므로 국부풍력이 작용하는 폭은  $a = 0.9m$ 가 된다. 본 연구에서는 계산의 복잡함을 피하고, 또한 국부하중의 영향이 전체 비닐 하우스의 거동에 미치는 영향이 미비하다고 보아 생략하였다. 물론 추후의 좀더 자세한 거동을 해석하기 위해서는 이 영향을 포함시켜야 될 것이다.

2) 풍하중 계산 - 풍하중은 하우스의 단면에 연직하여 작용한다고 가정하였고, 전체 단면에 걸쳐서 유효하다고 보았다. 피복재가 유연한 비닐이므로 작용하중이 증가함에 따라 하중의 작용단면이 변화할 것이지만 해석에서는 단면이 변화하지 않고 그대로 유지된다고 가정하였다. 아치의 외부에 피복되어있는 파풍망의 효과를 해석에서 도입하기 위해서는 Table 4와 5의 결과를 고려하여 내부 아치에 미치는 풍하중은 감소하여 재하하고, 외부에는 파풍망이 풍하중의 압력을 분산시키므로 그 영향을 고려하기 위하여 실험을 하여 자료를 수집하여야 할 것이다. 본 연구에서는 1차 년도의 기본 해석으로서 파풍망의 효과를 무시하고, 하우스의 외부 아치에 해석하중 전체가 작용한다고 보아 탄성해석을 진행하였다.



### 3. 탄성거동

#### 처짐-변형도

Fig. 6과 7에서 보는 바와 같이 하우스의 거동은 경계조건에 따라 크게 변화하는 것을 알 수 있다. Fig. 6에는 100%의 풍하중과 지지대의 사하중을 재하했을 때의 탄성변형한 하우스가 도시되어 있다. 변형의 모습을 뚜렷하게 표현하기 위해서 변형을 4배로 확대하여 원래의 하우스와 중복하여 도시하였다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 4 모서리가 힌지로 고정되어 있으므로 길이방향으로 중심부분이 위로 들려서 아치부분이 둥그스름하게 원형상태로의 변형이 일어나는 것을 볼 수가 있다. 이러한 변형은 Fig. 7(a)와 (b)에서 더욱 확연하게 나타나고 있어 하우스의 단면이 위로 뿔히는 변형을 하고 있는 것을 관찰할 수가 있다. Fig. 7(a)는 하우스의 외곽부근에 가까운 부분의 단면을 자른 부분을 보여주고, Fig. 7(b)는 하우스의 중심부분의 단면도이다. Fig. 7에서의 변형도에 대한 확대 계수는 1로 제한하였다.

만약에 이 4-모서리 힌지 고정 경계조건이 변하게 되면 물론 하우스의 거동에도 큰 변화가 따를 것이다. 본 연구에서는 제시하지 않았지만 만약 한 모서리만 고정하게 되면 하우스 전체가 위로 들리는 변형을 하게 된다. 따라서 버팀줄의 역할이 작은 하중에서는 유효할 수 있지만 하중이 증가하게 되면 거의 기대하는 역할을 하지 못하고 있음을 관찰할 수가 있었다. 본 연구에서 버팀줄의 경계조건은 지반에 버팀줄 방향으로 고정되어 있다고 가정하였는

데도 불구하고 버팀줄 자체의 강성이 하우스 전체에 작용하는 풍하중을 지지하기는 어려울 것으로 판단된다.

경계조건에 따라 하우스의 거동이 매우 크게 변화하는 사실을 관찰할 수가 있었다. 따라서 본 연구에서 파이프 지지대의 경계조건으로 제시한 즉, 지지대의 사하중을 지점에 연직 방향으로 재하하고, 하우스 평면으로의 변위는 제한한 경계조건이 실제적인 하우스 거동을 수치해석하기 위해서 매우 중요하다고 볼 수 있다. 이 경계조건은 지반의 상태에 따라 변화한다고 볼 수 있을 것이다. 따라서 앞으로의 연구에서는 실험 등을 통하여 더욱 실제적인 지반 경계조건을 구하려는 노력이 경주되어야 할 것이다. 기존의 해석에서는<sup>2)</sup> 파이프 지지대가 고정되어 있다고 보아 해석하고 있다. 그러한 가정은 우리가 실제로 붕괴된 하우스가 (1) 지지대가 콘크리트와 같이 통째로 뿔히거나, (2) 파이프가 콘크리트로부터 뿔히는 파괴형태를 사실적으로 모사하지 못하고 있다고 볼 수 있다.

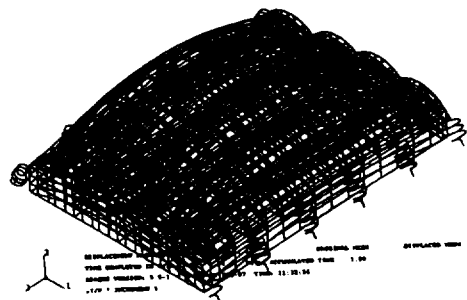
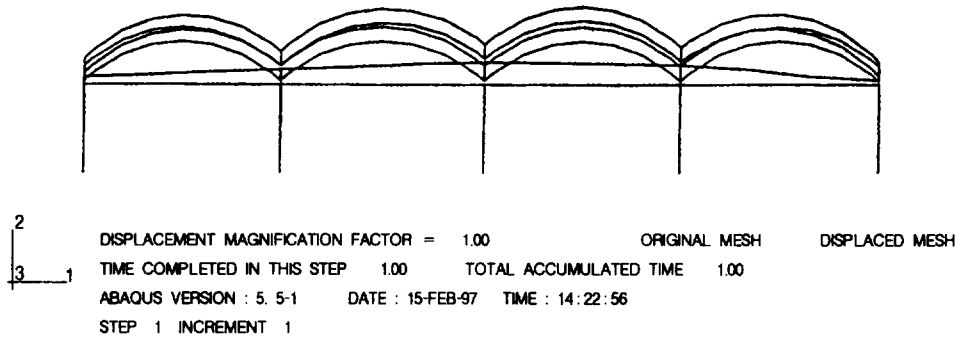
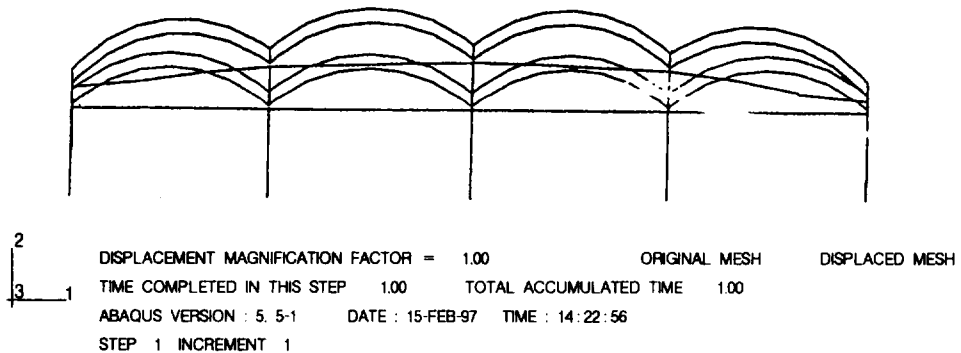


Fig. 6. Deformed shape of the model  
- magnification factor = 4.0



(a) Deformed shape of a section near the edge



(b) Deformed shape of a section in the center of the model

Fig. 7. Deformed shape of the model - magnification factor = 1.0

## 결론

본 연구에서는 현재 농촌진흥청 제주감귤연구소에서 개발중인 내풍형 2중 아치 비닐하우스에 풍하중을 재하하여 탄성수치해석을 시도하였다. 2중 구조의 지붕아치에 내부에는 일반적인 EVA필름을 피복하고, 외부에는 특수 직조한 파풍망을 피복하여 바람의 피해를 최소화하고자 시도하였다.

1) 풍동실험에 의하면 파풍망의 효과는 풍속이 5~25m/s 일 때 파풍망을 통과한 유출속도가 매우 효과적으로 86~98%까지 감소하였다.

2) 본 연구에서는 일반적으로 사용하고 있는 파이프를 지반에 고정시키는 경계조건을 주지 않고 설치한 피라미드형 콘크리트 지지대의 사하중을 지점에 재하하여 경계조건을 준 결과 하우스가 풍하중의 양력에 의하여 위로 들리는 거동을 하고 있었다. 이러한 거동은 현장에서 목격되는 파괴형상이 지지대가 통채로 뽑히거나 또는 파이프가 콘크리트 지지대로부터 뽑힘으로서 야기되는 파괴형태를 표현하고 있다고 볼 수 있다. 따라서 경제성을 잃지 않으면서 어떻게 하우스를 지반에 안정하게 정착시키냐는 문제는 앞으로 지

속적으로 연구되어야 할 것이다.

3) 본 연구에서 재하한 45m/s의 풍하중은 재현기간이 100년에 대한 값으로 반영구적인 구조물에 기준으로 비닐하우스의 내구수명이 상대적으로 짧으므로 이 풍하중을 감소시켜서 설계할 수 있을 것이다.

4) 본 연구에서 지붕아치가 연결되는 Y-형 접속장치를 내부힌지로 모델링한 것을 제외하고는 모든 연결을 고정연결로 보아 해석하였다. 이러한 가정이 실제 상황과 부합되는지는 실험 등의 연구에 의해서 좀더 자세하게 다루어져야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 제주농협지역본부 : 97년산 감귤유통처리 실태 분석, pp. 38-39, 1997.
2. 장유섭 : "제주지역 원예시설의 구조적 특성과 개발방향", 제주지역 신선 채소류 경쟁력제고를 위한 심포지엄, 제주도 농촌진흥원, pp. 47-68, 1995.
3. 윤용철 : "온실의 시설 구조와 안전관리 방안", 시설원예 수출농단의 선진화를 위한 현장애로 기술 교육, 경상대학교 시설원예연구소 교육자료집 3호, pp. 47-119, 1996.
4. Hibbitt, Karlsson & Sorensen, Inc. : ABAQUS/Standard USER's MANUAL Vol. I & II Version 5.5, 30201 Orchard Lak Road, Suite 210, Farmington Hills ,MI 48334, 1994.
5. 고장권, 허종철 : "제주도에서의 풍력에너지 이용을 위한 공학적 예측에 관한 연구(I) -풍속특성에 관하여-", 제주대학교 논문집 제 22집 pp. 107-113, 1986.
6. 고장권, 권기린, 허종철 : "제주도에서의 풍력에너지 이용을 위한 공학적 예측에 관한 연구(II)- 풍력에너지 포텐살에 관하여 -", 제주대학교 논문집 제 23집, pp. 107-114, 1986.
7. 서원명 : "시설의 구조와 안전관리", 시설원예 수출농단의 선진화를 위한 기술지원 전략, 경상대학교 시설원예연구소 교육자료집 1호, pp. 43-71, 1995.
8. 사단법인 대한토목학회 : 도로교 표준시방서 - 설계/시공 및 유지관리편, 건설교통부제정, 1996.
9. William, H. B. : CRC Standard Mathematical Tables, 27th Edition, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 1984.
10. Altair Computing, Inc. : Hyper-Mesh documentation Version 2.0, Altair/Finite Applications, Maplelawn Drive, Troy, MI 48084, 1995.
11. The National Greenhouse Manufacturers Association [NGMA] : 1983.
12. 농촌진흥청 : 원예용 시설안전구조기준(안), 1994.
13. ANSI/ASCE 7-88 : Minimum Design Loads for Building and Other Structures, ASCE STANDARD, 1990.
14. ASCE : Guide to the Use of the Wind Load Provisions of ASCE 7-88 (formerly ANSI A58.1), 1991.