

# 플라스틱 하우스의 구조 실태의 조사 연구

## Investigation of Actural State of Plastic Greenhouse Structures in Korea

金 文 基\* · 高 在 君\* · 李 信 昊\*  
Kim, Moon Ki · Koh, Chae Kun · Rhee, Shin Ho

### Summary

The objective of this study was to disclose the problem of structural safety and the state of utilization of standard types of plastic film house through investigation of actual state of plastic greenhouses for the southern part of the Korean peninsula. And also, the application method of standard types were proposed.

The results obtained are summarized as follows

1. Plastic film houses investigated were not designed by the structural design conditions of loads and materials.
2. The construction method of greenhouses was not standardized.
3. Single type of standard greenhouses was nearly used and double types were applied to the standard type.
4. The standard frames of plastic film house were appeared to have structural lack of stability at the design snow and wind loads for most regions.
5. Safety snow depths and safety wind velocities were proposed for the frame intervals and pipe diameters of standard greenhouses.

### I. 서 언

우리나라 농촌에는 최근 시설원예의 급속한 발전에 따라 플라스틱 하우스가 널리 보급되고 있다. 하우스 시설면적이 1981년에 채소 9,315ha, 과수 99ha, 화훼 160ha 등으로, 작금 만여 ha를 초과함으로써 괄목할 정도의 양적인 발전을 이룩하였으나 질적인 면에서 개선하여야 할 많은 문제점을 내포하고 있다. 특히 하우스의 구조 및 자재에 대한 설계기준이나 표준화가 확립되어 있지 않아서 하우스 구조의 안전상 미비점이 상존

하고 있는 실정이다. 농림수산부에서 원예시설 하우스의 표준 규격화 사업을 전개하여 왔으나 구조적 안정성의 뒷받침이 없어 그 실효를 거두지 못하고 있다.

플라스틱 하우스의 구조 표준화와 설계기준의 확립을 위한 연구의 일환으로 현재 보급되어 있는 하우스의 실태를 조사하여 구조상의 문제점을 파악하고 그 대책을 마련할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 현재 우리나라 농촌에 실제로 사용되고 있는 플라스틱 하우스의 구조현황을 조사하여 이를 유형별로 분류·분석함으로써 구조적 안전상의 문제점과 표준형 하우스의

\* 서울대학교 農科大學

지역별 적용방법을 도출하고자 한다.

## II. 문제의 구성 및 연구대상

### 1. 문제의 구성

플라스틱 하우스는 지역적인 특성에 따라 구조적 안전성과 내구성을 고려하여 일정한 규격과 형태가 결정되어야 한다. 그러나 현재 하우스의 설계기준이 확립되지 않고 표준화도 지역적인 특성이나 구조적 안전성이 고려되지 않은 실정으로 많은 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점의 해결을 위한 일환으로 각 지역별 하우스의 구조실태를 조사하고 표준형 하우스의 지역별 안전성을 검토한다.

하우스의 구조 실태는 각 도별로 1~2개 지역을 선정하여 농촌지도소에서 추천한 그 지역의 대표적 하우스를 선정한다. 선정된 플라스틱 하우스의 피복 및 골조의 재료, 구조와 하우스 형식, 시공방법등의 현황을 조사하여 이를 유형별로 분류·분석하고 구조적 안전상의 문제점을 도출한다. 또한 현재 보급되고 있는 표준형 하우스의 구조와 그 차이점을 비교·분석한다. 표준형 하우스는 1981년 한국시설원에협회에서 설계한 파이프 하우스중 농가에 권장 보급되고 있는 지붕이 아치형인 단동과 2연동 하우스를 채택한다. 이들 하우스의 설하중과 풍하중에 대한 구조해석을 통하여 각 지역별 구조적 안전성과 안전한 적용방법등을 검토한다.

### 2. 조사대상 지역

하우스 구조실태의 조사지역은 플라스틱 하우스의 분포 밀도와 지역을 고려하여 무작위로 선정하였다. 선정된 조사대상지역은 경기지역으로서 안양 비닐채소단지, 강원지역은 원성군, 충청지역은 대전, 호남지역은 전남의 광양과 벌교, 그리고 영남지역은 부산 구포와 진주 등이다.

### 3. 표준형 플라스틱 하우스의 구조

플라스틱 하우스의 표준형은 골조재료가 파이프로서 단동은 1-2형, 연동은 2-1형(2연동)을 선정하였다. 단동 하우스의 골조 형태 및 제원은 Fig. 2-1과 같고 골조재료는 아연도금(G.I.) 파이프로서 직경 22mm, 두께 1.2mm이고 골조의 석가래 간격은 60cm로 되어 있다.

연동하우스는 Fig. 2-2와 같은 골조 형태 및

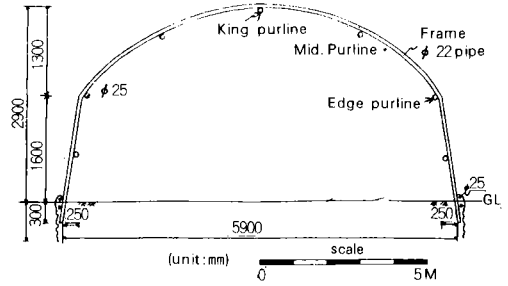


Fig. 2-1. Frame of single 1-2 type standard pipe house

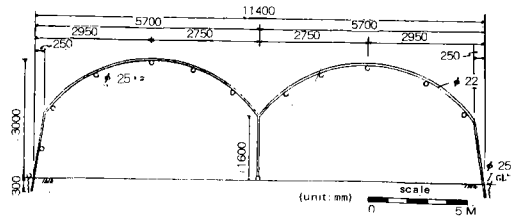


Fig. 2-2. Frame of double 2-1 type standard pipe house

제원으로 되어 있고 골조재료와 석가래 간격은 단동하우스와 동일하다.

## III. 연구방법

### 1. 하우스의 구조실태 조사

#### 가. 조사항목

플라스틱 하우스의 구조실태 조사 항목은 하우스의 골조 형식과 사용골격자재의 종류 및 크기, 사용피복재의 종류 및 두께와 이들의 연결 및 고정방법, 하우스의 설계조건(설하중, 풍화중, 지내력), 그리고 시공방법등이 주된 인자였으며 그외 참고적으로 설치방향, 환기시설, 보온 및 열관리, 주 재배작물 등이다.

#### 나. 조사방법

조사대상 하우스는 대상지역의 농촌지도소에서 하우스 밀집지역을 추천 받아 현지에서 직접 선정하거나 농촌지도소의 직접적인 추천을 받아 선정하였다. 선정된 하우스를 대상으로 실측에 병행하여 사진촬영을 하고 경영주와 지도요원에 대한 문의 등의 방법으로 조사하였다.

2. 표준형 하우스의 적용성

가. 파이프의 허용응력과 단면계수

표준형 하우스에 사용되는 파이프의 허용응력은 하우스가 내구연한이 비교적 작고 농업용 시설로서 인명피해가 거의 우려되지 않을 뿐만 아니라, 설하중과 풍하중의 경우 하우스에 단기적으로 작용하는 점(토목 및 건축재료로 사용되는 철근 및 강재의 허용응력은 항복강도의 50%인데, 단기하중의 경우 이를 1/2증가시킬 수 있다. 콘크리트표준시방서)등을 고려하여 항복점 응력의 67%로 하였다. 따라서 G.I. 파이프의 역학적 성질은 Table-3-1과 같고 항복점 응력을 중간값 24kg/mm<sup>2</sup> 즉, 2400kg/cm<sup>2</sup>을 기준으로 하면 허용응력은 1600kg/cm<sup>2</sup>이 된다.

표준형 하우스에 사용되는 G.I. 파이프의 크기와 이들의 단면계수는 Table-3-2와 같다. 여기서 단면계수는 파이프를 얇은 벽의 관으로 하여 계산하였다.

나. 하우스의 잠정설계기준

하우스가 받는 하중은 사하중으로서 골조와 피복자재, 부대시설등의 자중이 있고, 지주재배 작물일 경우 작물의 무게도 작용하고 활하중으로서 설하중, 풍하중 등이 있다. 본 연구에서는 플라스틱 하우스의 특징상 자중과 작물의 무게는 무시하고 설하중, 풍하중을 잠정하중 기준으로 하였다.

1) 설하중

하우스의 설하중은 Table-3-3의 설계용 적설

Table-3-1. Mechanical properties of G.I.  $\phi$  22mm pipe

Tensile strength kg/mm <sup>2</sup>	Yield stress kg/mm <sup>2</sup>	Elongation %	Modulus of elasticity kg/mm <sup>2</sup>
37~40	22~26	38	1720

Table-3-2. Section moduli and sizes of various G.I. pipes

Pipe dia. mm	Thickness mm	Section modulus cm <sup>3</sup>
22	1.2	0.433
25	1.3	0.607
28	1.4	0.821
30	1.5	1.010

Table-3-3. Snow depth in cm for design

Regions	Mean recurrence interval(yr)				
	8	15	22	30	43
Kangneung	70.4	84.2	92.4	99.1	106.6
Choonchon	25.3	30.1	32.9	35.2	37.8
Sokcho	77.2	95.0	105.6	114.2	123.9
Seoul	18.3	21.3	23.1	24.6	26.3
Inchon	20.9	24.9	27.2	29.1	31.3
Suwon	18.9	22.4	24.5	26.2	28.1
Daejeon	18.9	22.2	24.3	25.9	27.9
Seosan	24.8	29.3	32.3	34.2	36.7
Chungjoo	29.8	35.6	39.0	41.7	44.9
Junjoo	21.5	25.4	27.6	29.5	31.6
Kunsan	27.8	32.0	34.6	36.6	38.9
Kwangju	21.2	24.2	26.0	27.5	29.2
Mokpo	26.3	31.9	35.3	38.0	41.1
Yosue	8.4	10.5	11.7	12.7	13.8
Daegue	16.2	20.2	22.6	24.5	26.7
Pohang	11.5	18.4	20.6	22.3	24.6
Ulsan	5.9	7.5	8.4	9.2	10.0
Chuepoong	25.0	29.4	32.0	34.1	36.5
Woollungdo	183.9	217.4	237.4	253.5	271.8
Pusan	7.0	8.6	9.6	10.4	11.3
Jinju	9.2	11.2	12.4	13.4	14.5
Jeju	11.8	14.2	15.6	16.7	18.0
Seoguipo	7.7	8.9	9.7	10.3	10.9

심의 재현값에 적설심에 따른 단위중량(Table-3-4)과 지붕의 기울기와 적설중량(Table-3-5)이 적용된다. 여기서 재현기간은 시설물의 표준내용 년수에 따라 결정되는 것으로 Table-3-6을 그 기준으로 한다.(권, 1984)

표준하우스에 적용되는 단위면적당 적설하중( $\omega_s$ (kg/m<sup>2</sup>))은 다음식과 같이 계산된다.

$$\omega_s = \phi W h \dots\dots\dots (3-1)$$

여기서  $\phi$ 는 지붕의 기울기에 따른 감소계수(표준형 하우스는 지붕의 기울기가 20°부터 30°사이 있으므로 0.75)이고, W는 적설심에 따른 단위중량, h는 적설심을 나타낸다.

2) 풍하중

시설에 작용하는 설계용 풍속( $v$ (m/sec))에 대한 높이 H(m)에서의 속도압(velocity pressure,  $Q_h$ (kg/m<sup>2</sup>))은 다음식과 같다.

$$Q_h = 0.01613 v^2 \sqrt{H} \dots\dots\dots (3-2)$$

여기서 설계용 풍속은 순간최대풍속으로서 지역별 재현값은 Table-3-7과 같다. 풍압력(Q(kg

(/m<sup>2</sup>)은 식 (3-3)에 풍압계수 C를 곱하여 다 음식과 같이 구한다.

$$Q = C \cdot q_n \dots\dots\dots (3-3)$$

여기서 풍압계수는 지붕과 벽면등의 상태에 따 라 다르므로 각부분별로 Fig. 3-1과 같이 적 용된다.

다. 하우스의 구조해석

표준형 하우스의 구조해석은 설하중과 풍하중 각각에 대하여 단·연동별로 하고 해석방법은 최 소일의 정리를 이용한다.

1) 설하중

표준형 하우스의 골조 석가래 하나에 재하되 는 단위 길이당 설하중은  $\omega_s$  기호를 사용하여 해 석하였다. 단위 길이당 설하중( $\omega_s$ (kg/m))은 식 (3-1)의 단위면적당 설하중( $\omega_o$ )에 석가래 간격 [S(m)]을 곱한 값 즉,

$$\omega_s = \omega_o \cdot S = \phi W H S \dots\dots\dots (3-4)$$

이다. 그리고 구조해석의 편의를 위하여 하우스 는 Fig. 3-2와 3-3과 같이 단순화한 아치모 형으로 가정하였다(高 등, 1986). 지점의 상태 는 파이프가 지면에 30cm 묻혀 있다. 따라서 ힹ 지와 고정 의 판별이 어려우나 高 등(1986)연구 결과에 의하여 단동하우스의 경우 고정으로 가 정하고 연동하우스의 경우 ힹ지로 가정하여 구 조해석을 하였다. 하우스에 사용된 도리는 보조

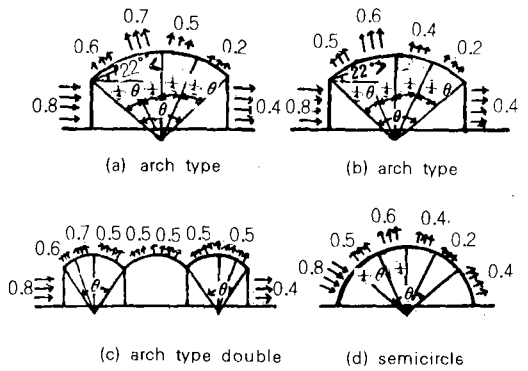


Fig. 3-1. Coefficients of wind force for types of houses

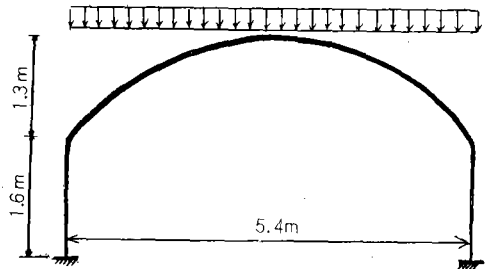


Fig. 3-2. Simplified single house for structural analysis under snow load

Table-3-4. Snow depth and unit snow weight (kg/cm·m<sup>2</sup>)

Snow depth(cm)	<50	<100	<300	<400
Unit snow weight.	1.0	1.5	2.2	3.5

Table-3-5. Roof pitch and snow weight reduction

Inclination	10°~20°	20°~30°	30°~40°	40°~60°
Reduction coefficient	0.9	0.75	0.5	0.25

Table-3-6. Relationship between standard durable years and mean recurrence interval

Safety factor(%)	Durable years			
	5	10	15	20
50(Small scale)	8	15	22	30
70(Large scale)	15	30	43	57

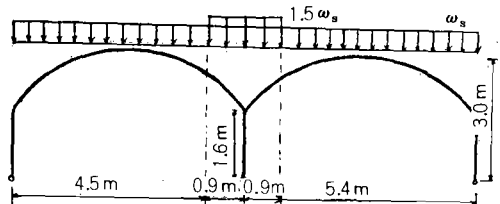


Fig. 3-3. Simplified double house for structural analysis under snow load

연결재로 사용한 것이므로 구조해석시 적용하지 않는다.

연동하우스의 경우는 단동하우스의 경우와 달 리 중간의 계곡부에 눈이 물러 쌓이게 된다. 계곡 부의 적설이 많은 부분은 지붕의 중앙에서 계곡 부까지의 길이의 1/3 부분까지 적설량이 1.5배 만큼 재하된다고 본다. (Fig 3-3참조) (高 등, 1986과 권, 1984.)

2) 풍하중

하우스의 골조는 설하중과 동일하게 단순화한

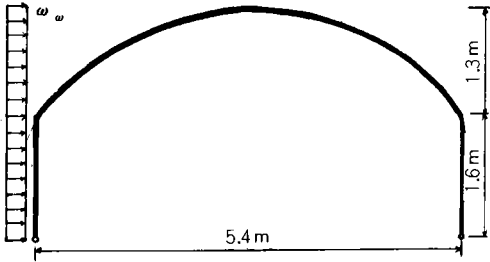


Fig. 3-4. Simplized single house for structural analysis under wind load

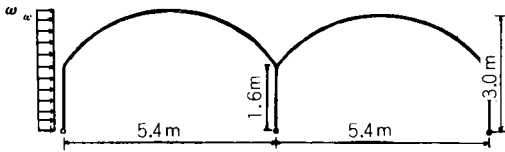


Fig. 3-5. Simplized double house for structural analysis under wind load

아치 모형으로 가정하고 풍하중의 재하형태는 측면에서만 작용하는 것으로 가정하였다. 그리고 지점의 상태는 풍하중의 경우는 실험연구된 결과가 없으므로 단·연동하우스 모두 최대응력이 크게 나타나는 힌지로 가정하여 구조해석을 하였다. (Fig. 3-4, 3-5 참조)

Fig. 3-4, 3-5에서 등분포하중  $w_w$ 는 단위 높이당 풍하중으로서 하우스의 골조 석가래 하나에 재하되는 값이다. 단위높이당 풍하중( $w_w$  (kg/m))은 식(3-3)의 풍압력(Q)에 석가래 간격(S(m))을 곱한 값으로 다음식과 같다.

$$w_w = Q \cdot S \dots\dots\dots (3-5)$$

여기서 풍압력에 포함된 식(3-2)의 속도압  $q_n$ 는 높이의 함수이나 전높이 [H]에 등분포 하도록 하였다. 풍압력을 등분포한 것은 최대응력에는 큰 차이가 없어 건축설계시 풍하중의 경우 등분포로 해석한다. (연, 1975)

$$\text{즉, } \frac{1}{H} \int_0^H 0.01613 v^2 \sqrt{x} dx = 0.01075 v^2 \sqrt{H}$$

그러므로,

$$w_w = C \cdot (0.01075 v^2 \sqrt{H}) \cdot S \dots\dots\dots (3-6)$$

바람이 부는 측면의 풍압계수 C는 0.8이므로 하우스에 작용하는 풍하중( $w_w$ (kg/m))은 다음과 같이 나타낸다.

$$w_w = 0.0086 v^2 \sqrt{H} S \dots\dots\dots (3-7)$$

Table-3-7. Wind velocity in m/sec for design

Regions	Mean recurrence interval (yr)				
	8	15	22	30	43
Kangneung	33.0	35.6	37.4	38.7	40.2
Choonchon	30.0	32.6	34.2	35.4	36.8
Sokcho	43.0	46.4	48.4	50.1	52.0
Seoul	26.6	28.9	29.3	31.4	32.7
Inchon	33.4	35.9	37.3	38.5	39.8
Daejeon	28.4	30.8	32.2	33.3	34.6
Seosan	31.3	33.5	34.9	36.0	37.2
Chungjoo	26.4	28.3	29.4	30.3	31.3
Jeonju	22.3	24.6	25.9	27.0	28.2
Kunsan	38.4	41.0	42.5	43.7	45.1
Kwangju	27.8	29.5	30.6	31.4	32.3
Mokpo	33.8	35.9	37.2	38.5	39.5
Yosue	33.2	35.5	36.9	38.0	39.3
Daegue	26.3	27.9	28.9	29.6	30.5
Chuepoong	30.8	33.5	35.1	36.4	37.8
Pohang	30.8	33.2	34.8	36.0	37.4
Ulsan	26.9	28.7	29.8	30.7	31.7
Woollungdo	41.2	44.4	46.3	47.9	49.7
Pusan	33.5	35.2	36.2	37.0	37.9
Jinju	21.9	22.9	23.5	24.0	24.6
Jeju	36.5	39.3	41.1	42.3	44.0

라. 하우스의 안전과 적응성

표준형 하우스 기본 모형의 지역 별 안전성을 검토하기 위하여 파이프의 허용응력과 하우스의 구조해석으로 부터 계산된 최대응력을 기준으로 하여 안전한 적설심과 풍속을 계산한다. 안전 적설심과 풍속을 하우스의 잠정 설계기준에 적용하여 표준형 하우스의 지역 별 안전성을 비교·검토한다.

표준형 하우스의 석가래 간격과 파이프직경의 변화에 따른 안전적설심과 안전풍속을 계산하여 재현기간 별 적설심과 풍속에 적용하므로써 지역 별로 안전하게 적용할 수 있는 하우스 규모를 결정할 수 있도록 한다.

IV. 결과 및 고찰

1. 하우스의 구조 실태

가. 지역별 하우스의 구조 실태

조사대상지역 하우스의 구조 실태를 조사한 결과는 Table-4-1과 같고 파이프하우스의 단·

Table-4-1. Field Investigation of plastic film houses

지역	지붕 모양	구조 형식	발격 자재	규격, m		기공 간격	종 류 (누계, mm)	피복 채		기조공	실치 방향	환기 시설	보온 및 열관리	주 재배 작물	비고
				종 류 (직경, mm)	연결 방법			폭 × 높이 × 길이	석가래 간격						
경기	아치형	단 동	파이프	후크밴드	5.5×2.5(1.2)×100	0.9	PVC (0.05)	하우스클립 하우스밴드	없음	동서	측면수동	-	시금치		
	아치형	단동연결	파이프	후크밴드	5.4×2.78(1.55)×45	0.75	EVA (0.06) PVC (0.05)	하우스클립 하우스밴드	없음	남북	환풍기, 지붕과 측면개폐기	수막	호박	약 3,000평 피복 2중	
	아치형	4연동	파이프	후크밴드	5.5×2.84(1.7)×100	0.6	EVA (0.07) EVA (0.09)	하우스클립 하우스밴드	기둥에 콘크리트	동서	지붕과측면개폐기	수막 작물커튼	배추	피복 2중	
	아치형	단 동	파이프	후크밴드	5.5×2.55(0.82)×100	0.8	PVC (0.05)	비닐끈	없음	남북	지붕개폐기	-	마늘		
충남	아치형	7연동	파이프	나사용접	5.2×5.0(3.5)×90	2.0 4.0 4.0	*PE (0.08) *PE (0.06) EVA (0.05) EVA (0.05)	말아서 고정	기둥만침 콘크리트	동서	강제환풍기 9대	열풍기 3대	바나나	지붕구조 4중	
	지붕형	다연동	파이프, 콘크리트(기둥)	용접 철사	2.6×2.55(1.8)	철사	*PE (0.06) 3중	형결끈	없음	북서 남동	측면수동	-	포도	약 1,000평	
	아치형	단 동	파이프	비닐끈	4.5×1.7×50~100	0.45 ~0.6	PVC (0.05)	형결끈 비닐끈	없음	남북	측면수동	작물커튼	딸기		
	아치형	4연동	파이프	나사 철사	5.6×2.4(1.4)×100	0.45	PVC (0.05)	철 사	기둥에 콘크리트	동서	지붕수동	작물커튼	토마토	석가래 : 죽재	
전남	아치형	단 동	철재, 목재	용접 철사	7.2×2.8(1.8)×50	1.8	PE (0.05)	비닐끈	없음	남북	지붕개폐기	-	-	-	지역표준형
	아치형	2연동 (2개)	목재	철사	7.3×1.9(1.4)×40	0.35	EVA (0.05, 0.06)	철 사 나일론끈	없음	동서	지붕과 측면수동	열풍기 가마니	토마토	석가래 : 죽재	
	아치형	2연동 (2개)	파이프	후크밴드	7.6×2.3(1.65×26)	0.6	PE (0.05) EVA (0.05)	하우스클립 나일론끈	기둥에 콘크리트	동서	측면 수동 환풍기보조	수막 연반보일터	오이	부토제배	
	아치형	단 동	목재	철사	6.3~6.6×1.9×20~50	0.4 ~2.1	PE (0.05, 0.06)	비닐끈	없음	동서	측면수동	작물커튼	딸기		
부산	아치형	단 동	파이프	후크밴드 철사	7.0×2.15(1.4)×50	0.6	PE (0.06)	비닐끈	없음	동서	측면수동	작물커튼	딸기		
	지붕형	단 동	목재	못	4.0×2.0(1.0)×70	2.0	PE (0.05)	철 사	없음	동서	지붕수동	-	토마토 오이		
구포	아치형	단 동	파이프	후크밴드 철사	5.0×1.8(1.1)×100	0.7	PE (0.05) EVA (0.06)	하우스밴드 비닐끈	없음	동서	지붕수동	-	토마토 상치	피복 2중	

베라스틱 하우스의 구조상태의 조사 연구

지역	지붕 모양	구형식	골격자재		규격, m			피부재		기초공	실치 방향	환기 시설	보온 및 열관리	주재배차물	비고
			종(직경, mm)	목재	연결 방법	폭×높이(높이)×길이	석가래 간격	기둥 간격	중 (두께, mm)						
부산	아치형	4연동	목재	못	5.7×2.2(1.5)×30	0.6	1.8	PE(0.05)	하우스밴드	없음	남북	-	-	화채	
									파이프						
구포	아치형	단동	목재, 축재	비닐끈	4.8×1.75(1.1)×100	0.5	1.8	EVA(0.06)	하우스밴드	없음	동서	-	-	토마토	
									파이프						
경남	아치형	단동	파이프	비닐끈	4.8×1.6(0.8)×100	1.2	-	EVA(0.05)	명속문힘	없음	동서	지붕환기창	작물커튼	수박	
									파이프						
강원	아치형	단동	파이프	후크밴드	6.8×2.2(1.0)×80	0.9	-	PE(0.05)	하우스클립 및 밴드	없음	-	-	-	호박	
									파이프						

주: \*경질폴리에틸렌 필름(장수필름)

연동별 지역별 실태를 표준형과 비교한 결과는 Table-4-2, 4-3과 같다.

1) 지붕모양

하우스의 기본형태 면에서 지붕의 모양에 따라 살펴보면, 조사지구의 하우스는 대부분이 아치형 하우스로 되어 있고, 지붕형 하우스는 대전에서 다연동 하우스와 부산에서 목재 하우스가 있었다. 하우스의 구조가 측면과 지붕의 구분없이 터널형으로 이루어진 것은 대나무 2개로 하나의 골격을 이룬 축재 하우스(대전, 벌교)에서 찾아볼 수 있었다. (Table-4-1)

아치형 지붕이 지붕형에 비하여 내풍성이 크고 광선이 고르게 입사되는 반면 적설에는 약한 편이고 창틀을 달기가 어려운 점이 있다. 이러한 점을 고려하여 바람이 심한 지역은 아치형 지붕으로, 적설이 많은 지역은 지붕형으로 설치하는 것이 바람직하다.

2) 골격자재

골격자재 면에서 살펴보면, 파이프 하우스가 50% 이상을 차지하고 있고 파이프·콘크리트 혼용하우스(대전), 파이프·축재 혼용하우스(대전), 파이프·목재 혼용하우스(부산)도 주 골격은 파이프로 이루어져 있어 골격자재는 파이프를 가장 많이 사용하고 있음을 알 수 있었다. 그 외 전남 광양에서 철재·목재 혼용하우스를 지역표준형으로 시범 설치된 것이 있고, 목재·축재 혼용하우스는 광양과 부산에서 다수 이용되고, 축재하우스도 대전·벌교 등지에서 딸기 재배용으로 많이 이용되고 있었다. 특기할 것은 부산·구포 지역에서는 목재하우스가 많이 이용되고 있었으나 바람에 의한 파피와 내구성에 문제점이 있는 것으로 조사되었다.

골격자재로 주로 사용된 파이프는 부식을 방지하기 위하여 아연으로 용합도금을 한 펜타이트(pentite)파이프가 많이 이용되는데, 재료의 성질과 직경, 두께등이 하우스의 안전과 내구성에 크게 영향을 미치므로 이를 고려하여 선택하여야 한다. 또한 파이프는 내풍성에는 강하나 적설에는 약하므로, 적설이 많은 지역에 사용할 때에는 파이프를 지붕에서 급각도로 구부리거나 왕도리 파이프에 기둥을 세워 받쳐야 한다.

골격자재를 연결하는 방법으로는 단동이나 2연동 파이프하우스에서는 주로 후크밴드를 이용하여 연결하였고 연동의 규모가 크고 높이도 높은 하우스에서는 용접을 하거나 나사를 사용

Table-4-2. Comparison of single 1-2 type standard pipe house and field pipe house

Regions	Width m	Height		Frames		Purlines' Dia. <sup>2)</sup> mm			Linking materials of pipe
		Eaves m	Roof m	Space m	Dia. mm	King	Mid.	Edge	
Standard	5.9	1.6	2.9	0.6	22	22	22	22	Hook band
Anyang	5.5	0.82~1.55	2.5~2.78	0.75~0.9	25	22	22	22	Hook band
Bulgyo	7.0	1.4	2.15	0.6	25	25	25	25	Hook band, Wire
Pusan	5.0	1.06	1.8	0.7	22	22	Bamboo	Wood	Hook band, Wire, Vinyl band
Jinju	4.8	0.7~0.8	1.5~1.6	1.2	25	Bam.	Bamboo	Bam.	Vinyl band
Wonsung	6.0~6.8	1.0	2.2~2.5	0.9	25	25	25 <sup>3)</sup>	25	Hook band

Note : 1) Frames=석가래, 2) King Purline=왕도리, Mid. Purline=중도리, Edge Purline=갓도리  
3) Mid. Purlines exist about 2~3m from the exit.

Table-4-3. Comparison of double 2-1 type standard pipe house and field pipe house

Regions	Width m	Height		Frames		Column		Purlines' Dia. mm			Linking materials of pipe
		Eaves m	Roof m	Space m	Dia. mm	Space m	Dia. mm	King	Mid.	Edge	
Standard	5.7	1.6	3.0	0.6	22	3.0	40	22	22	22	Hook band
Anyang	5.5	1.7	2.84	0.6	22	3.0	48	22	22	22	Hook band
Kwangyang	7.6	1.65	2.3	0.6	22	2.0	28	22	22	22	Hook band
Daejeon	5.6	1.4	2.4	0.45	Bamboo	3.0	30	30	19(2)	30	Screw, Wire
Daejeon**	5.2	3.5	5.0	*	22	2.0	42	22	22	22	Screw, Welding
Pusan**	7.2	2.5	4.0	2.0	38	2.0	50	25	25(4)	25	Screw, Wire
Jinju**	5.2	3.8	5.0	0.5	25	2.0	40	25	25	25	Screw, Hook band

Note : \* 1st covering 0.4m, 2nd 2.0m, 3rd & 4th 4.0m, \*\*Large scales

하였으며, 보조재료로 철사를 이용하고 있었다. 축재의 연결은 끈을 이용하고 있었고 목재는 못을 연결도구로 삼고 있었다.

파이프의 연결은 후크밴드가 조립과 해체가 용이하고 연결시 결합력이 좋으므로 조립·해체가 필요한 가설식 하우스에 적합하고, 반영구적 설치 하우스에는 용접이나 나사를 이용한 조립이 활용된다.

3) 하우스의 규모

하우스의 크기면에서 보면 폭은 대부분 5~6m 정도로 설치되어 있고 규모가 큰 경우에 있어서는 6~7.5m이었고 소규모인 경우는 5m 이하로 설치되어 있었다.

설치연도가 가까울수록 하우스의 폭이 다소 커지는 경향이 있으나 안전에 대한 고려는 전혀 하지 않고 재배면적의 확장에 그 의의를 두고 있었다. 하우스의 동높이나 처마 높이는 재배 작물에 따라 크기의 변화가 심하였으나 작업능률 등은 별로 고려하지 않고 있었다. 대체적으로 동높이는 2~3m의 범위에 있었고 처마 높이는 1~

2m 범위에 있었다. 바나나, 화훼등을 재배하는 대규모 연동 하우스의 경우는 동높이가 4~5m, 처마 높이가 2.5~3.8m의 규모로 되어 있었다.

하우스의 크기는 재배하는 작물과 보온 및 환기 등의 작물 생육 조건, 작업능률과 안전성 등을 고려하여 결정하여야 한다.

4) 피복재

피복재는 염화비닐(PVC), 폴리에틸렌(PE), 초산비닐(EVA) 필름을 주로 이용하고 있었으며 그중 PE가 가장 많이 사용되고 있었고, 필름의 두께는 0.05mm, 0.06mm 두가지가 주종을 이루고 있었다. 필름의 선택에 있어서는 가격과 무적·유적 현상, 내구성 등의 순으로 영향을 많이 받고 있었고, 대규모 영농자의 경우는 필름의 광선 투과율도 고려하고 있었다.

피복재로서 농가에서 폴리에틸렌 필름이 많이 이용되고 있는 것은 재질이 뛰어나기 보다는 가격이 저렴하기 때문이다. 그러나 필름의 선택은 광선투과율, 필름면의 먼지 부착, 내후성, 내약



품성, 유독성(가스발생), 보온력, 항장력(抗張力), 신장력(伸張力), 취급성(경연질, 달라붙음), 가격 등이 종합적으로 고려되어야 한다. 또한 반영구적 하우스의 피복재로서 유리섬유 보강아크릴판(FRA판)의 사용도 바람직하다. (문교부, 1985)

피복재의 고정방법은 하우스 클립에 의해 골격에 고정하고 필름 끝부분은 연동의 제곱부에서 고정하거나 땅속에 묻는 방법을 사용하였다. 또한 바람에 의해 날리지 않도록 하우스밴드, 비닐 끈, 힘잡끈, 나일론끈 등으로 석가래와 석가래 사이에 걸쳐 하우스 하단부 고정선에 붙들어 매고 있음이 조사 되었다.

#### 5) 기초공

하우스 골격의 기초공은 하지 않고 땅속에 30~40cm 정도 묻은 상태 이었으며, 연동의 경우 중간에 세운 기둥은 콘크리트 받침 기초를 하여 땅속에 묻는 방법을 사용하였다.

하우스의 기초는 하우스의 크기가 작고 해체가 필요한 일시적 구조물은 파이프를 땅속에 일정한 깊이까지 박는 것이 좋고, 반영구적이고 내구연한이 큰 구조물은 콘크리트 기초공이 필요하다.

하우스의 시공은 시공업체가 있으나 시공단가가 높아 농민들이 거의 이용하지 않고 유경험자의 지도로 자가시공을 주로 하였다.

#### 6) 설치방향

하우스의 설치방향은 남북보다는 동서방향으로 설치된 것이 대부분이었다. 설치방향에 있어서 작물에 미치는 영향을 고려하기 보다는 지형적 특성에 주로 의존하고 있었다.

하우스의 설치방향은 작물의 생육성기(生育盛期)를 고려한 재배형태에 따라 결정되어야 한다. 한겨울이 생육성기에 해당하는 축성재배에 있어서는 광선의 입사량을 증대시켜 시설의 온도상승을 촉진되도록 동서로 설치하는 것이 유리하고, 4~5월이 생육성기에 해당하는 반축성재배에 있어서는 입사광량을 감소시켜 한 낮에 시설내의 온도가 지나치게 상승하는 것이 억제되도록 남북으로 설치하는 것이 좋다.

#### 7) 환기시설, 보온 및 열관리

환기시설은 측면이나 지붕 하단부를 개폐기나 손으로 피복을 열어 주는 것이 대부분이고, 대규모의 경우와 집약영농의 경우 환풍기를 사용하고 있었다. 대부분의 경우 하우스 규모에 비해

환기시설이 불충분한 것으로 조사 되었다. 따라서 작물의 생육과 품질, 작업자의 위생, 시설내의 온도 등이 고려된 환기시설의 전반적인 연구 필요성이 있다고 판단되었다.

보온 및 열관리를 위한 시설은 보통 소규모 하우스 경우 작물커튼(야간에는 가마니 덮개를 덮는다)을 이용하거나 외피에 가마니 덮개를 하고 있었고(광양), 외피외 시설이 없는 지역도 많았다. 영농규모가 다소 큰 경우 수막에 의해 보온을 하거나 열풍기나 온수보일러를 사용하고 있었다. 조사결과 보온이나 열관리를 위한 방안은 충분히 연구 검토 되어야 할 것으로 판단되었다.

하우스 시설내의 환기시설, 온도 및 열관리는 광, 가스환경, 병충해 및 생리장애에 대한 관리와 밀접한 관계를 가지는 것으로 이들의 개선점이나 개선방향은 간단히 언급하기는 어렵다.

4계절이 뚜렷한 기후특성에 비추어 하우스내의 온도관리는 적절한 보온방법(난방, 필름커튼, 수막설치 등)과 환기방식(자연환기, 강제환기)이 병행되어야 한다. 난방방식에는 전열, 스토브, 온통, 온수, 증기난방 등이 있는데 시설의 규모, 작물의 종류와 지역특성에 알맞는 방식을 선택하여야 한다. 시설내의 피복재에 의해 외부와 차단되어 있으므로 탄산가스의 과부족현상과 유해가스, 시설내의 특이한 병충해 및 생리장애 발생등으로 인한 작물의 피해를 줄이기 위해 적당한 관수(灌水)와 환기를 하여야 하고, 그 외 시비의 합리화, 보온, 가온 등이 필요하다.

#### 8) 결과 종합

각 지역에 설치된 모든 하우스는 하중이나 골격자재에 따른 설계조건을 적용하여 설계되지 않고 기존 설치지역의 모방이나 경험에 의존하여 설치하고 있었다. 플라스틱 하우스의 보급 면적의 확대를 볼 때 각 지역별로 구조적인 안전성이 충분히 검토 되도록 설계기준 및 시공방법이 확립되어야 할 것으로 사료된다. 조사대상 지역의 단·연동별 일반적인 형태는 Fig. 4-1, 4-2와 같다.

#### 나. 지역별 파이프 하우스와 표준형 하우스의 구조 비교

단동 하우스의 경우(Table-4-2 참조), 사용 파이프의 직경은 22mm, 25mm를 주로 사용하고 있고 파이프 연결재료도 후크밴드를 보편적으로 사용하고 있다. 그러나 크기면에서 보면 표준형 하우스의 보급이 거의 이루어 지지 않음을 알수

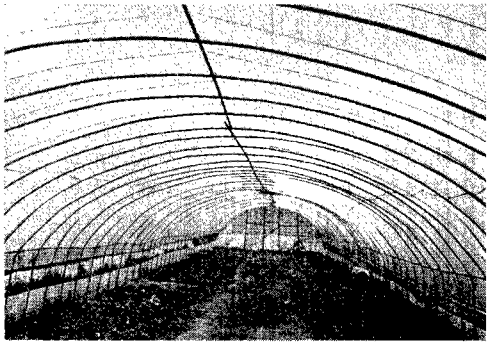
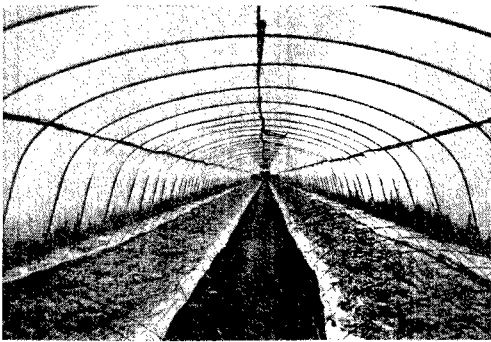
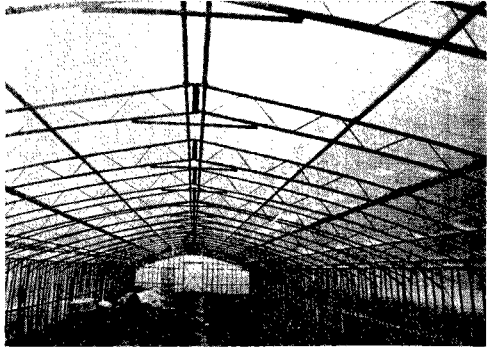
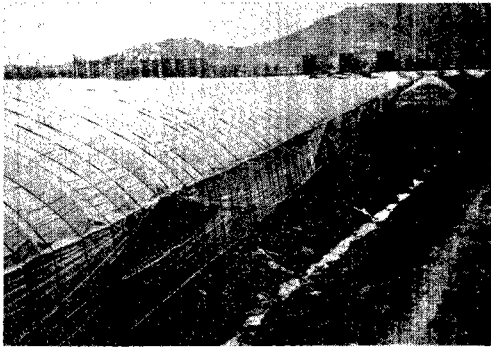


Fig. 4-1. Views of single houses

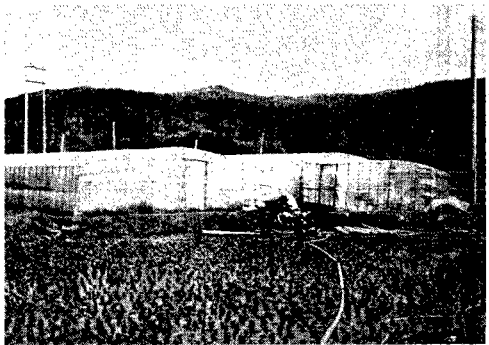
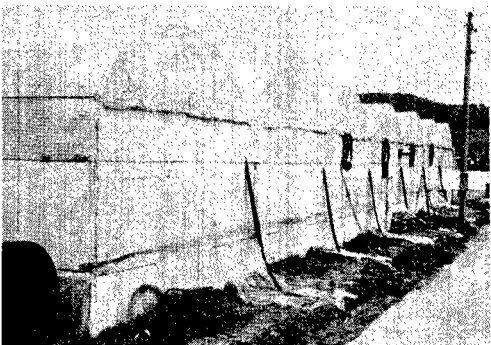
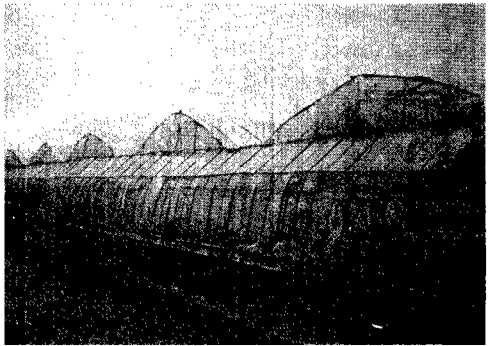
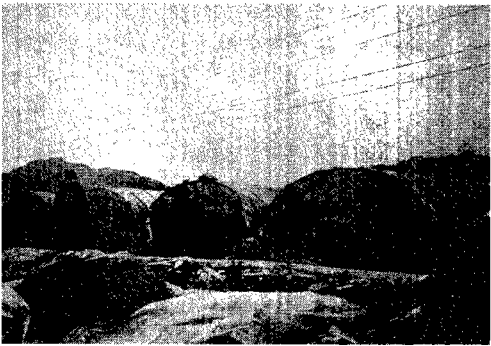


Fig. 4-2. Views of double houses

있었다. 하우스의 등높이와 처마 높이는 표준형 하우스 보다 낮게 설치되어 있다. 이러한 현상은 바람에 의한 하우스의 안전과 열관리 측면에서 나타난 것으로 판단된다. 석가래의 간격은 표준형과 비슷하거나 다소 넓게 되어 있다. 진주는 2배 정도로 되어 있는데 이는 눈이 거의 쌓이지 않는 지역적인 특성이 고려된 것 같다. 단지 원성군 지역이 적설이 많은 지역으로서 석가래 간격이 넓은 것은 인식부족으로 판단된다.

연동 하우스의 경우(Table-4-3 참조), 일반적인 경우는 지붕의 높이가 표준형 보다 다소 낮은 경향이 있으나 대체로 크거나 사용자재 면에서 비슷한 양상을 보였다. 이러한 내용으로 볼 때 각 지역에서 연동 설치시 표준형 하우스의 모델이 많이 이용된 것으로 판단할 수 있었다. 키 큰 작물을 재배하거나 대규모 화훼를 하는 대규모 연동하우스는 등높이가 4~5m 정도가 되며 파이프의 직경은 표준형과 비슷한 크기가 사용되었다.

2. 표준형 하우스의 지역별 적용성

하우스의 구조해석으로 부터 계산된 최대휨모멘트( $M_{max}$ )와 축하중(X)으로 부터 최대응력( $\sigma_{max}$ )은 다음과 같이 계산된다.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z} + \frac{X}{A} \dots\dots\dots (4-1)$$

여기서 Z는 파이프의 단면계수, A는 파이프의 단면적이다. 그런데 축하중에 의한 응력(X/A)은 최대휨모멘트에 의한 응력( $M_{max}/Z$ )의 1/100 정도에 지나지 않으므로 이를 무시하고 계산하였다. 따라서 식(4-1)은

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z} \dots\dots\dots (4-2)$$

최대 휨모멘트는 하우스의 구조해석에 의하여 Table-4-4와 같았다.

Table-4-4에서와 같이 최대 휨모멘트는 하중  $\omega_s$ ,  $\omega_w$ 의 함수로 나타났으므로 이들의 계수를 m 이라고 하였다. 최대응력은 파이프의 허용응력( $\sigma_{ap}$ )을 초과하지 않아야 하므로 즉,  $\sigma_{max} \leq \sigma_{ap}$ . 따라서 식(4-2)에 의하여  $\omega_s(\omega_w) \leq \sigma_{ap} Z/m$ . 이를 식(3-4)에 적용하면 안전 적설심( $h_s$ (cm))은

$$h_s = \frac{\sigma_{ap} Z}{\phi W S m} \dots\dots\dots (4-3)$$

Table-4-4. Maximum bending moments by structural analysis of greenhouses

Type of house	Snow load ( $\omega_s$ )	Wind load ( $\omega_w$ )
Single	1.211 $\omega_s$	1.955 $\omega_w$
Double	1.636 $\omega_s$	1.187 $\omega_w$

또한, 안전풍속( $v_s$ (m/sec))은 식(3-7)로부터

$$v_s = \sqrt{\frac{\sigma_{ap} Z}{0.0086 \sqrt{H} S m}} \dots\dots\dots (4-4)$$

다. 지역별 안전성

1) 단동하우스

식(4-3)으로부터 단동하우스의 경우 안전적설심을 구하면( $\sigma_{ap}=1600 \text{ kg/cm}^2$ ,  $Z=0.433$ ,  $\phi=0.75$ ,  $W=1.0$ ,  $S=60 \text{ cm}$ ,  $m=1.211$ ),  $h_s=12.7 \text{ cm}$ 가 된다. 그러므로 이 값을 Table-3-3의 설계용 적설심의 재현값에 적용하면 표준형 하우스가 안전한 지역은 다음과 같다. 여수지역은 재현기간 30년까지, 포항·제주지역은 8년, 울산·부산·서귀포지역은 43년, 진주지역은 22년까지 안전한 것으로 나타났다.

안전풍속을 식(4-4)로 부터 구하면( $\sigma_{ap}=1600 \text{ kg/cm}^2$ ,  $Z=0.433$ ,  $H=2.9 \text{ m}$ ,  $S=60 \text{ cm}$ ,  $m=1.955$ ),  $v_s=20.1 \text{ m/sec}$ 이다. 이 값을 Table-3-7의 설계용 풍속의 재현값에 적용한 결과 안전한 지역은 없었다.

따라서 현재 설계된 단동 표준형 하우스는 어느 지역에도 안전하지 못한 것으로 판단된다.

2) 연동 하우스

연동 하우스의 경우도 단동 하우스와 동일한 방법으로 안전적설심과 안전풍속을 계산하면  $h_s=9.4 \text{ cm}$ ,  $v_s=25.6 \text{ m/sec}$ 가 된다. 적설에 대해 안전한 지역은 Table-3-3으로부터 여수·진주 지역은 재현기간 8년, 울산지역은 30년, 부산·서귀포지역은 15년까지 이고, 바람에 대해 안전한 지역은 Table-3-7로부터 전주와 진주 지역으로서 재현기간 15년까지이다. 따라서 연동 표준형 하우스는 진주지역에 적용할 경우 8년 빈도에는 안전한 것으로 판단된다. 그러나 연동 하우스는 5년 내구연한일 경우 재현기간을 15년 적용해야 하므로 실제로 안전하게 적용될 지역은 없다.

라. 지역별 적용방법

표준형 하우스의 석가래 간격과 파이프 직경

Table-4-5. Safety snow depths in cm for frame interval and pipe diameters

Frame interval, cm	Pipe diameter, mm			
	22	25	28	30
40	19.1 (14.1)	26.7 (19.8)	36.2 (26.8)	44.5 (32.9)
50	15.3 (11.3)	21.4 (15.8)	28.9 (21.4)	35.6 (26.3)
60	12.7 (9.4)	17.8 (13.2)	24.1 (17.8)	29.7 (22.0)
70	10.9 (8.1)	15.3 (11.3)	20.7 (15.3)	25.4 (18.8)
80	9.5 (7.1)	13.4 (9.9)	18.1 (13.4)	22.2 (16.5)

Table-4-6. Safety wind velocitis in m/sec for frame intervals and pipe diameters

Frame interval, cm	Pipe diameter, mm			
	22	25	28	30
40	24.6 (31.3)	29.1 (37.1)	33.9 (43.1)	37.6 (47.8)
50	22.0 (28.0)	26.0 (33.1)	30.3 (38.5)	33.6 (42.7)
60	20.1 (25.6)	23.8 (30.3)	27.6 (35.2)	30.7 (39.0)
70	18.6 (23.7)	22.0 (28.0)	25.6 (32.6)	28.4 (36.1)
80	17.4 (22.1)	20.6 (26.2)	23.9 (30.5)	26.6 (33.8)

을 변화시켜 안전적설심과 안전풍속을 구하면 Table-4-5, 4-6과 같다. 표준형 하우스를 각 지역에 안전하게 적용하는 방법은 Table-3-3과 3-7의 재현기간별 적설심과 풍속의 자료를 이용하여 Table-4-5와 4-6에서 적설과 바람에 모두 안전한 석가래의 간격과 파이프의 직경을 찾아 가장 경제적으로 될 수 있는 조합을 선택하면 적합한 하우스가 설계된다. 단 하우스의 폭과 높이는 표준형 하우스의 크기를 적용하면 된다.

### V. 결론 및 적요

우리나라 농촌에 사용되고 있는 플라스틱 하

우스의 구조실태를 조사·분석하여 구조적 안전상의 문제점과 표준형 하우스의 사용실태 및 지역별 안전한 적용방법 등을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 현재 농촌에 사용되고 있는 플라스틱 하우스는 아치형 지붕에 파이프 하우스가 대부분이었고, 남부지방에서는 목재하우스나 죽재하우스가 많이 사용되고 있었다.

(2) 하중이나 골격자재에 따른 설계조건을 적용하고, 구조해석에 의해 설계된 하우스는 전혀 없었다.

(3) 피복재의 경우는 염화비닐(PVC), 초산비닐(EVA), 폴리에틸렌(PE) 필름이 이용되고 있으며 그중 PE필름의 이용도가 높았다.

(4) 시공방법은 표준화 되어 있지 않고 경험에 의존하고 있어 구조적 안전성을 보장하기 어려운 실정이었다.

(5) 단동하우스는 표준형이 거의 보급되지 않았고, 연동하우스의 경우 표준형의 기준크기를 준용하는 것으로 판단되었다.

(6) 표준형 하우스의 구조해석 결과, 단·연동의 경우 각각 적설심 12.7cm, 9.4cm, 풍속 20.1 m/sec, 25.6m/sec 이상이면 불안정한 것으로 나타났다.

(7) 표준형 하우스의 석가래 간격과 파이프 직경의 변화에 따른 안전적설심과 안전풍속을 제시함으로써 표준형 하우스가 구조적으로 안전하게 적용될 수 있도록 하였다.

### 참 고 문 헌

1. 고평출·염도의·이병일·표현구. 1986. 시설원예. 한국방송통신대학, pp. 4~32
2. 高在君·金文基·李信昊. 1986. 하우스 안전구조 설정을 위한 역학적 연구. 농사시험연구 논문집(농업산학협동편), 농촌진흥청, pp. 251~266
3. 권영삼. 1984. 기상재해에 대한 시설원예 안전구조 대책. 농업기술 부록 연구지도 속보, 제 3권 제 3호, pp. 10~12
4. 문교부. 1985. 농업생산자재, 교사용 지침서
5. 연제진. 1975. 건축학 총람. 한국도서출판공사.

이 연구는 1986년도 문교부 학술연구구성사업에 의한 연구비 지원에 의하여 수행된 것임.