

## 地域別 特性化 溫室의 實態 및 構造的 安全性

金文基·南相運\*·孫禎翼·尹南奎

서울대학교 農工學科, \*安城産業大學校 農村開發學科

### Analyses of Actual State and Structural Safety of Regionally Characterized Greenhouses in Korea

Kim, Moon-Ki · Nam, Sang-Woon\* · Son, Jung-Eek · Yun, Nam-Kyu

Dept. of Agr. Eng., Seoul Nat'l Univ., Suwon 441-744

\*Dept. of Rural Dev., Anseong Nat'l Polytech.Univ. Anseong 456-749

### Summary

Recently, regionally characterized greenhouses have been built every place around the country. These greenhouses insist of their higher performance by considering regional merits than the greenhouses without considering regional ones, but it is not clear.

The purpose of this study was to make clear the characteristics of the regionally characterized greenhouses through the analyses of actual state and structural safety.

The greenhouses were investigated and classified into wide span house, large pipe house, arched lattice house, wooden house, viniculture house, and domed pipe house.

The frames of wide span house, arched truss house, viniculture house and domed pipe house were analyzed to be structurally stable under the design wind speeds and snow depths in recurrence intervals of 15 or 30 years, but large pipe house was a little unstable and required some reinforcements, and wooden house turned out to be unstable. In addition, foundations of all characterized greenhouses were stable against pull-out capacity under the design wind speeds in recurrence interval of 30 years.

키 워 드 : 특성화 온실, 구조해석, 구조적 안전성, 기초의 안정

Key words : characterized greenhouse, structural analysis, structural safety stability of foundation

## 서 론

우리나라의 시설원에 면적은 급속도로 증가하고 있으나, 시설의 현대화는 이에 따르지 못하고 있다. 농업의 국제경쟁력 제고를 위하여 농촌진흥청에서는 현대화된 능가보급형 표준하우스 모델을 개발하여 보급하고 있으나 일부지역을 제외하고는 지역별로 특성화된 온실 형태가 아직도 널리 분포

하고 있는 실정이다<sup>1)</sup>. 이러한 이유에는 변화에 대한 적응곤란, 기술 및 자금부족 등의 이유가 있겠으나, 그 외에도 지역적인 기후조건이나 자연환경 특성에 있어서 장점이 있으므로 기존의 형태를 계속 유지하려는 경향이 있는 것으로 사료된다. 일례로 광폭형온실은 연동온실에서 제기되고 있는 그늘형성의 문제점을 피할 수 있고 난방연료가 절약된다는 인식으로 전남지방에 많이 보급되고 있

지만 합리적 근거가 필요할 것으로 사료된다.

그러나, 이 온실들은 정확한 구조설계없이 시설이 설치됨으로써 대부분 구조적인 취약점을 가지고 있으며 재해발생시에 안전성이 크게 위협받고 있다<sup>3,4)</sup>. 특히 지난 94년초의 전남 및 경남 지역에 내린 폭설로 인한 시설물의 큰 피해를 생각할 때 구조적인 안정에 대한 중요성을 인식하고, 재해에 의한 피해를 경감할 수 있는 대책을 모색할 필요가 있다<sup>7)</sup>.

따라서 본 연구에서는 지역별로 특성화된 온실의 실태를 조사하여 구조해석을 통한 구조적 안전성을 검토해 봄으로써 구조의 안전성을 도모하고 각 온실의 장점을 살려 지역의 특성 온실로서 정착할 수 있도록 하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

## 재료 및 방법

### 1. 실태조사

특성화 온실이 널리 분포하고 있는 전남일원(나주, 강진, 송주, 구례)과 경남 김해, 충북 옥천, 강원 평창 등을 조사대상지역으로 선정하여 특성화 온실의 형태와 분포, 구조특성을 조사하였다. 전국적으로 가장 널리 분포하고 있는 재래식 간이온실 형태인 무가온 터널형 파이프하우스는 대부분 유사하고 지역별 특성이 없기 때문에 조사대상에서 제외시켰다. 조사대상지역은 원예시험장과 각도농촌진흥원의 협조를 받아 선정하였으며 조사항목은 온실의 형태와 규격, 골조재의 단면과 재질, 부재의 연결상태, 기초의 상태, 그리고 구조물의 내용년수 등 주로 구조적인 특성에 관한 것이었다.

### 2. 구조해석 및 안전성 검토

조사한 온실의 구조특성을 입력하고, 단위적설하중과 단위풍하중을 적용하여 구조해석 전용프로그램(SAP90)에 의한 구조해석을 실시하였다<sup>13)</sup>. 이때, 같은 형태의 온실이라도 폭과 높이 등이 다양하기 때문에 대표적인 규격(Fig.1)을 선정하여 구조해석을 실시하였으며, 구조해석 결과와 구조재료의 허용응력도를 비교하여 구조물이 견딜 수

있는 안전적설심과 풍속을 구하였다. 적용가능한 최대하중으로 부터 구조물의 안전적설심과 안전풍속을 구한 후 지역별, 재현기간별 설계적설심, 설계풍속과 비교하여 온실의 구조적 안전성을 검토하고, 문제점 및 개선방향을 도출하였다.

또한, 구조해석 결과로 부터 기초에 작용하는 최대 인발력을 구하고, 지반에 매입된 파이프를 말뚝기초로 가정하여 마찰에 의한 인발저항력을 산정하여 기초의 안전성을 검토하였다<sup>11)</sup>.

## 결과 및 고찰

### 1. 특성화 온실의 실태

조사대상지역에 대한 특성화 온실의 형태 및 분포현황은 Table 1 및 Fig. 1과 같고, 특성화 온실의 구조특성은 Table 2와 같다.

전남지방에는 높이가 2.2~3m로 비교적 낮고 폭이 8~15m로 매우 넓은 광폭형하우스가 조사대상지역의 온실재배면적 1175ha 중 476ha로 약 40%를 차지하고 있어 가장 많이 보급된 형태임을 알 수 있었다. 다음으로는 폭이 9.5~12.5m, 높이 3.5~4m인 대형 단동 파이프하우스가 202ha로 약 17%를 차지하고 있었으며, 그밖에 구례군에 아치형 트러스하우스가 일부 분포하고 있었다. 따라서 전남지방의 경우 낮은 광폭형하우스와 대형 단동 파이프하우스가 이 지역의 특성화된 온실로서 뚜렷한 경향을 나타내었다.

경남 김해지방에는 아치형 목재하우스가 널리 분포하고 있었으며, 강원 평창지방에는 폭이 좁고 높이가 비교적 높은 돔형 파이프하우스가 널리 분포하고 있었다. 충북 옥천의 포도재배하우스는 특성화된 온실이라기 보다는 농가보급형 표준하우스 모델과 유사한 형태로서 과수재배용으로 변형시킨 형태로, 이 일대의 포도재배 농가에 널리 분포하고 있는 것으로 나타났다.

### 2. 특성화 온실의 구조해석

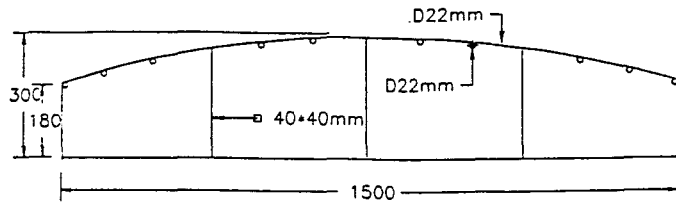
구조물에 단위풍하중과 설하중을 작용시켜 구조해석을 한 결과는 Table 3과 같다. 구조해석시 단

Table 1. Distribution of regionally characterized greenhouses

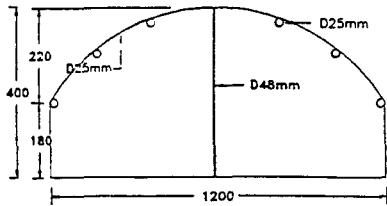
Region	Total greenhouse area (ha)	Characterized greenhouse area (ha)(%)		Remarks
Naju	581	Wide span house	142.7(24.6%)	County City
		Large pipe house	38.7( 6.7%)	
Kangjin	85	Wide span house	30.0(35.5%)	
		Large pipe house	49.0(58.0%)	
Seungju	380	Wide span house	190.0(50.0%)	
		Large pipe house	114.0(30.0%)	
Kurye	129	Wide span house	113.0(87.6%)	
		Arched lattice house	10.0( 7.8%)	
Kimhae	800	Wooden house	12.0( 1.5%)	
	82	Wooden house	45.0(55.0%)	
Okchun	242	Viniculture house	114.5(47.2%)	
Pyungchang	50	Domed pipe house	20.0(40.0%)	

Table 2. Structural specifications of characterized greenhouses.

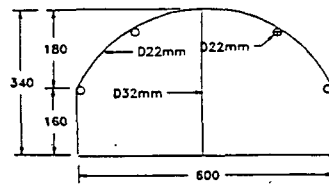
Shape		Wide span house	Large pipe house	Arched lattice house	Wooden house	Viniculture house	Domed pipe house
Scale	Span	8~15m	9.5~12.5m	7m	6.6m	6m	6m
	Roof height	2.2~3.0m	3.5~4.0m	2.8m	2.7m	3.6m	3.4~5m
	Eaves height	1.6~1.8m	1.6~1.8m	1.8m	1.8m	2.4m	1.5~2.2m
Column	Material	wood	steel	steel	wood	steel	steel
	Interval	2m	2.5~3.0m	1.8m	1.85m	2m	2m
	Section	□ 40×40mm	φ 48.1 t 2.0mm	φ 48.1mm t 2.1mm	□ 55.4× 42.8mm	φ 48.1mm t 2.1mm	φ 31.8mm t 1.5mm
Rafters	Material	steel	steel	steel	wood	steel	steel
	Interval	0.4 m	0.5 m	1.8 m	0.55 mm	0.6 m	0.35 m
	Section	φ 22.2mm t 1.2mm	φ 25.4 mm t 1.5mm	□ 30.8×26.7 × 2 mm	□ 37.5× 21.2 mm	φ 25.4mm t 1.5mm	φ 22.2mm t 1.2mm
Cover		PE film	PE film	PE film	PE film	PE film	PE film
Joint device		wire binding	clamp	bolt, nut	wire binding	clamp	clamp
Foundation		driving	driving	driving	driving	concrete	driving (reinforcement)
Durable years		5~7yr	7~8yr	7~8yr	5~7yr	8~10yr	8~10yr
Span numbers		1~2	single	3~4	3~6	3~4	single



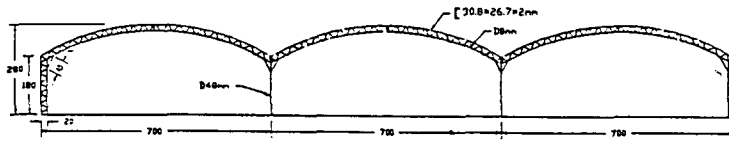
(a) Wide span house (Naju)



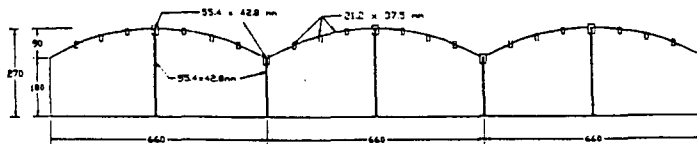
(b) Large pipe house (Kangjin)



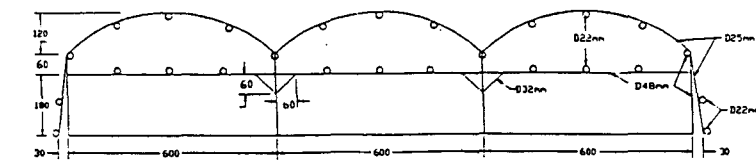
(f) Domed pipe house (Pyungchang)



(c) Arched lattice house (Kurye)



(d) Wooden house (Kimhae)



(e) Viniculture house (Okchun)

Fig. 1. Cross sectional shape and scale of characterized greenhouses.(unit : cm)

면 2차모멘트, 단면적 등의 단면특성은 실측한 데이터로 근거로 공칭치수를 조사하여 입력하였고, 탄성계수는 구조용강관  $2.1 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$ , 펜타이트

파이프  $1.72 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$ , 목재  $1.08 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$ 를 사용하였다<sup>1, 2, 9)</sup>.

Table 3. Maximum section forces under the action of unit load.

Shape	Wind load			Snow load		
	Axial force (kg)	Shear force (kg)	Moment (kg.cm)	Axial force (kg)	Shear force (kg)	Moment (kg.cm)
Wide span house	263	140	9915	395	202	13500
Large pipe house	284	185	18440	538	273	28000
Arched lattice house	1343	316	8172	2280	257	6860
Wooden house	332	201	23260	736	223	33780
Viniculture house	1108	86	3782	2096	118	6122
Domed pipe house	176	115	7589	374	189	13230

### 3. 안전성검토 및 개선방안

이상의 구조해석 결과는 단위하중(1 kg/cm)을 적용시킨 경우이므로, 이로부터 실제풍속이 v m/s (풍속관측높이 10m)이고, 적설심이 d cm인 경우의 단면력은 Table 3의 값에 각각 다음을 곱하여 구한다.

$$\text{풍하중} : \frac{0.0197v^2 \sqrt{h \times S}}{100} (\text{kg/cm}) \quad (1)$$

$$\text{설하중} : \frac{wd\phi \times S}{100} (\text{kg/cm}) \quad (2)$$

여기서, S는 기둥간격(m), h는 온실지붕의 평균 높이(m), w는 단위적설중량(kg/cm/m<sup>2</sup>),  $\phi$ 는 지붕의 기울기에 따른 감소계수이다.

위에서 구한 최대단면력으로부터 구조재료에 발생하는 최대응력을 구하고, 이것이 구조재료의 허용응력을 초과하지 않는 범위에서 각 구조물이 견딜 수 있는 안전풍속 및 안전적설심을 구한 결과는 Table 4와 같다. 이 때, 각종 재료의 허용응력 값은 건축시방서와 구조편람의 값을 이용하였으며, 농업시설물의 안전을 좌우하는 허용휨응력의 경우 구조용강관 및 펜타이트파이프는  $1600 \text{kg/cm}^2$ , 목재는  $84 \text{kg/cm}^2$ 의 값을 사용하였다<sup>1, 2, 9)</sup>.

Table 4. Safe wind speeds and snow depths for characterized greenhouses.

Shape	Wind speed (m/s)	Snow depth (cm)
Wide span house	24.4	14.8
Large pipe house	18.1	9.6
Arched lattice house	24.5	23.7
Wooden house	12.0	3.4
Viniculture house	36.2	36.9
Domed pipe house	27.2	26.5

이상의 결과를 지역별 설계풍속 및 설계적설심과 비교 검토하기 위한 조사대상지역과 가장 가까운 지점의 재현기간별 설계풍속 및 설계적설심은 Table 5와 같으며<sup>5)</sup>, 광폭형하우스, 대형 단동 파이프하우스 및 트러스형하우스는 승주, 목재하우스는 부산, 포도재배 하우스는 보은, 돔형파이프하우스는 홍천지방의 설계풍속 및 설계적설심을 이용하였다.

한편 구조물의 설계에 적용하는 설계하중은 식(3)과 같이 시설의 표준내용년수와 안전도로부터

결정되는 재현기간의 확률적인 값을 이용해야 한다<sup>5)</sup>.

$$\log P_s - 2 = N \log\left(1 - \frac{1}{T}\right) \quad (3)$$

여기서,  $P_s$ 는 안전율(%),  $N$ 은 표준내용년수

(년),  $T$ 는 재현기간(년)이다.

표준내용년수는 조사된 값을 이용하였고, 안전율을 구조물의 용도, 투자액 등에 따라 결정된다. 조사된 표준내용년수의 범위에서 안전율을 50, 70%로 했을 때의 재현기간 값은 Table 6과 같다.

Table 5. Design wind speeds and snow depths for investigated regions.

Recurrence interval	Wind speed(m/s)				Snow depth(cm)			
	8 yr	15 yr	22 yr	30 yr	8 yr	15 yr	22 yr	30 yr
Regions								
Seungju	21.3	22.3	22.9	23.4	12.8	15.0	16.3	17.3
Pusan	32.0	34.2	35.5	36.6	5.4	7.0	8.0	8.7
Boeun	30.1	33.7	35.8	37.5	22.8	27.1	29.6	31.6
Hongcheon	19.9	20.7	21.2	21.6	21.4	25.0	27.2	28.9

Table 6. Recurrence intervals with durable years and safety factors.

Durable years	Safety factors	
	50%	70%
5	7.7	14.5
6	9.2	17.3
7	10.6	20.1
8	12.0	22.9
9	13.5	25.7
10	14.9	28.5

지역별 특성화 온실의 표준내용년수는 Table 2와 같이 대부분 5~10년인 것으로 조사되었으므로, 안전율에 따라서 8~30년 빈도의 설계하중에 대하여 검토해 보았다.

트러스형하우스는 30년 빈도의 풍하중과 설하중에 대하여 모두 안전하여 구조적으로 가장 안전한 구조물로 나타났으며, 포도재배하우스는 22년 빈도의 풍하중과 30년 빈도의 설하중에 대하여, 돔형파이프하우스는 30년 빈도의 풍하중과 15년 빈도의 설하중에 대하여 안전한 것으로 나타나 비교적 안전한 구조물로 평가되었다. 또한 광폭형

하우스의 경우는 15년 빈도의 설하중에 대하여 약간 불안하나, 30년 빈도의 풍하중에 대하여 안전하므로 적설에 대한 보강 또는 제설대책을 강구하면 큰 문제는 없을 것으로 판단되었다.

그러나 대형 단동 파이프하우스의 경우는 적설하중, 풍하중에 대하여 다소 불안정한 것으로 나타났으며, 목재하우스는 매우 불안정한 것으로 나타났다. 따라서 목재하우스는 가급적 사용을 중지하고, 대형 단동 파이프하우스의 경우는 약간의 보강이 필요할 것으로 판단되었다. 대형 단동파이프하우스의 경우는 폭과 높이, 기둥간격 등이 매우 다양하여 단적으로 평가하기는 곤란하지만 본 분석은 폭이 12m에 높이 4m, 기둥간격 3m를 적용한 경우이다. 이 경우 재현기간 15년 정도의 안전을 확보하기 위해서는 기둥간격을 2m 정도로 축소하거나, 기둥과 서까래의 단면계수를 34% 정도 증가시켜야 하는 것으로 나타났다.

한편 기초의 안전성을 검토하기 위하여 30년 빈도의 풍하중 작용시의 기초에 작용하는 최대인발력을 구해본 결과 Table 7과 같았다. 여기서 최대인발력은 기초에 걸리는 최대의 상방향 연직하중으로 풍상측에 위치한 골조(기둥 또는 서까래) 1개가 받는 하중으로 하였다.

파이프하우스 등의 경량 구조물에서는 기초의 침하에 의한 피해보다는 주로 폭풍시의 인발에 의한 피해가 대부분이므로 인발저항에 대하여 검토해 보았다.

Table 7. Maximum pull-out capacity of foundation.

Shape	Pull-out capacity(kg)
Wide span house	17.6
Large pipe house	26.0
Arched lattice house	125.0
Wooden house	71.8
Viniculture house	312.4
Domed pipe house	9.1

대상온실의 기초는 대부분 파이프를 지반에 매입한 형태를 취하고 있다. 이 경우의 인발저항력은 파이프 주변과 지반사이의 마찰에 의한 저항으로 다음과 같이 구한다<sup>1)</sup>.

$$R_t = \phi l \cdot f_s \quad (4)$$

여기서,  $R_t$ 는 인발저항력(t),  $\phi$ 는 파이프의 주변 길이(m),  $l$ 는 매입깊이(m),  $f_s$ 는 흙과 파이프 사이의 마찰력(t/m<sup>2</sup>)이다.

25mm 파이프를 30cm 매입한 경우의 인발저항력은 사질점토지반(마찰력 3t/m<sup>2</sup>)으로 가정할때 약 72kg이므로 대부분 안전한 것으로 나타났다. 포도재배하우스는 콘크리트로 보강되어 있으며, 트러스형하우스는 서까래가 트러스형태로 조립된 채 매입되어 있으므로 기초는 모두 안전한 것으로 판단된다.

## 적 요

지역별로 분포하고 있는 특성화된 온실의 장점을 살리고 구조적인 위험요소를 줄임으로서, 지역 특성온실로 정착할 수 있도록 하기 위하여 지역별로 특성화된 온실의 구조실태를 조사하고 구조적

안전성을 검토하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 전남지방에 특성화된 온실의 보급이 많았으며, 광폭형하우스와 대형 단동 파이프하우스가 이 지역의 특성화된 온실로서 뚜렷한 경향을 나타내었다.

2. 경남 김해의 목재하우스, 전남 구례의 트러스형하우스, 강원 평창의 돔형 파이프하우스, 충북 옥천의 포도재배하우스 등이 특징적인 온실로 나타나고 있었다.

3. 광폭형하우스, 트러스형하우스, 돔형 파이프하우스 및 포도재배하우스는 15~30년 빈도의 풍하중과 설하중에 대하여 안전한 것으로 나타났으나, 대형 단동 파이프하우스는 약간의 보강이 필요하며, 목재하우스는 매우 불안정하여 사용을 중지하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

4. 대상온실의 기초는 모두 30년 빈도의 강풍에 대하여 충분한 인발저항력을 가지는 것으로 나타나 안전한 것으로 판단되었다.

## 참고문헌

- 고재균, 김문기, 이석건, 서원명, 최홍림. 1988. 농업시설공학, 서울대출판부. pp490.
- 김무한. 1993. 건축재료학. 학문사. pp366.
- 김문기, 고재균, 이신호. 1987. 플라스틱 하우스의 구조실태의 조사 연구. 한국농공학회지 29(3) : 113-124.
- 김문기, 손정익, 남상운. 1992. 생물생산시설의 구조설계에 관한 연구(2). 생물생산시설환경 1(2) : 148-153.
- 김문기, 신만균, 정두호, 김인수. 1994. 시설구조의 기준화 및 작물재배 연구. 농촌진흥청. pp199.
- 박중춘 외. 1992. 시설원예의 현대화 모델 하우스 설정 및 재배효과에 관한 연구. 농촌진흥청. pp106.
- 서원명. 1994. 기상이변에 따른 남부지방의 시설피해와 경감대책. 시설원예연구 6(2) : 28-44.

8. 이석건, 이현우, 손정익, 이종원. 1994. 원예시설의 지붕형식에 따른 단면력의 비교 분석. 한국 농공학회지 36(3) : 84-89.
9. 장동인. 1994. 건축제법규(94개정판) 해설. 기문당.
10. 三原義秋. 1980. 溫室設計の基礎と實際. 養賢堂. pp273.
11. 立花一雄, 羽倉弘人, 高橋和彦, 大塚榮. 1979. 施設園藝ハウスの設計と施工. オーム社. pp236.
12. Nelson, P. V. 1991. Greenhouse operation and management. Prentice hall. : 31-76.
13. Wilson, El. L. and A. Habibullah. 1989. A series of computer programs for the static and dynamic finite element of structures. Computers & Structures, Inc.

## 학 회 광 고

한국생물생산시설환경학회에서는 본 학회지인 “生物生産施設環境”에 게재할 원고를 아래와 같이 모집하고 있사오니 많은 투고를 바랍니다.

- 아 래 -

1. 원고의 종류 : 논문, 논설, 자료, 국제회의보고, 신간소개, 기타
2. 작성요령 : “아래한글”을 사용하여 디스켓에 수록할 것.  
기타사항은 논문투고요령 참조할 것.
3. 접수내용 : 최초의 제출부수는 사본 3부(2부 : 심사용, 1부 : 반송용)  
최종수정후(게재확정시)에는 원본1부 및 디스켓 1매만 제출
4. 접수시기 : 제4권 제1호(6월 발행예정)에 게재할 원고는 4월30일까지 이후  
게재예정원고는 수시접수
5. 접수처 : 본 학회 사무국

※ 회원 동정에 관한 사항도 접수하고 있사오니 연락바랍니다.