

# 농가보급형 비닐하우스 1-2W형의 구조분석 시뮬레이션에 의한 규격 개선 연구

## Study on Material and Structural Size of 1-2W Type Greenhouse by Structural Analysis Simulation

이시영 · 김현환 · 전희 · 권영삼 · 이기명\*

원예연구소, 경북대학교

Si-Young Lee · Hyun-Hwan Kim · Hee Chun ·

Young-Sam Kwon · Ki-Myung Lee\*

National Horticultural Research Institute

\*Kyugpook National University

### 1. 서론

농가보급형 비닐온실(1-2W형)은 농촌진흥청에서 '92년 4월에 폭 7m, 측고 2.7m, 동고 4.8m로 개발하여 각 시·군에 설계서를 배포하였으며 '95년 3월 자재 일부와 동고의 높이를 수정하였고, 개량아치단동형(1-1S)과 '94년 6월에 개발된 한국형유리온실과 함께 농민들이 가장 선호하는 시설형태 중 하나이다. 1-2W형 자동화 비닐하우스는 '96년 현재 3,515ha가 농가에 보급되어 전체 시설면적 중 7.65%를 차지하고 있고 유리온실 250ha(0.6%), 경질판온실 60ha (0.1%)에 비해 많은 면적이 보급되어 있어, 45,633ha로 전체 시설면적의 99.3%를 차지하고 있는 터널형태의 관행형 비닐온실을 제외한다면 가장 넓은 보급면적을 갖고 있는 시설이다.

농가보급형 원예생산시설인 1-2W형 비닐온실의 구조안전성에 대한 사항은 우리나라의 각 지역별 기상조건을 고려하여 설계시 많은 검토가 이루어졌으나, 서까래와 중방에 비해 상대적으로 기둥부분의 안전성이 떨어지므로, 이를 보강하기 위해 유한요소법을 이용한 구조분석 시뮬레이션으로 주요 골조자재를 보강함으로써 설계풍속 및 설계적설심에 대한 지역적응성을 향상시킨 개선형 모델을 기준으로 경제성을 고려한 수정형 모델을 제시하기 위한 연구를 수행하였다.

### 2. 실험방법

#### (1) 기상하중

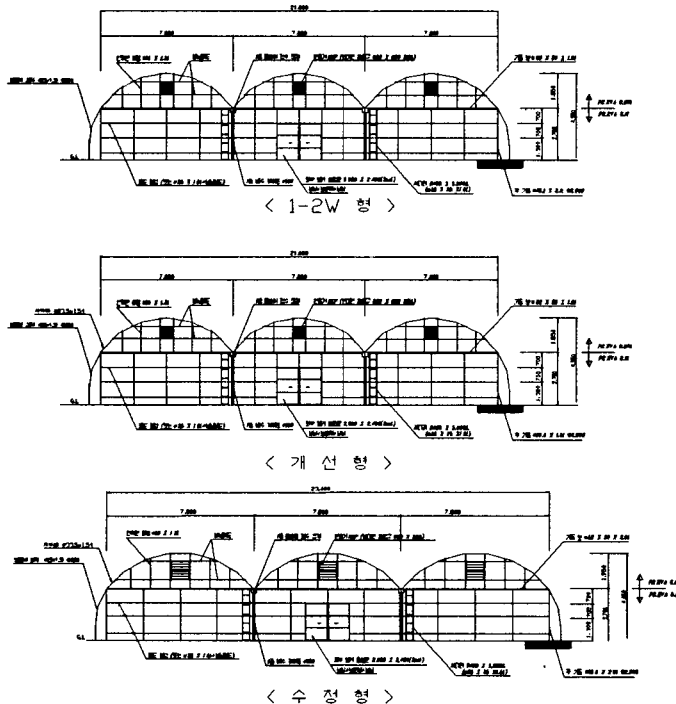
온실의 구조에 직접적인 영향을 미치는 요인인 기상하중을 분석하기 위해 각 지역별 재현기간에 따른 설계풍속과 적설심 자료를 이용하였다. 온실 설치의 부적지로 인식되는 울릉도와 독도를 제외하고, 지역적 특성이 상이한 제주도는 기상하중의 전국분포와는 별도의 분석을 요하므로 제외하였다. 전국에 분포되

어 있는 기상관측소 60개 중 8개의 특성지역을 제외한 52개 지역의 재현기간별 최대풍속과 적설심 자료 중 표준내용년수 10년과 안전율 50%에 의한 재현기간인 15년의 기상자료를 이용하였다. 각 기상관측소의 북위와 동경에 대한 상대좌표를 구하고, 3차원 등고선 작성 프로그램인 Surfer를 이용해 Inverse distance method 보간법으로 전국의 기상하중 분포를 작성하였으며, 북위, 동경이 표시된 지도자료에 삽입시킴으로써 전체적인 분포 경향을 알 수 있었다.

(2) 구조분석

1-2W형 폭 7m, 측고 2.7m, 동고 4.55m의 기본 규격을 여러개의 절점(nod)로 분할하고 각 nod에 대한 자재의 단면적, 단면계수, 탄성계수 등의 물리적 특성, 각 nod의 위치에 대한 상대좌표, 구조에 영향을 미치는 하중에 대한 자료 등을 입력하여 유한요소법을 이용한 구조분석 프로그램인 SAP90에 의해 각 nod에 대한 인장력, 압축력, 단면력, 휨모멘트를 산출하였다.

주요 골조자재인 기둥, 서까래, 중방의 규격은 각각 구조용 탄소강  $\phi 48.1$ ,  $\phi 25.4$ ,  $\phi 48.1\text{mm}$ 이고, 구조안전성 면에 있어 상대적으로 취약한 부분인 기둥 및 서까래의 규격을  $\phi 60.5$ ,  $\phi 33.5\text{mm}$ 로 보강한 개선형 모델과 경제성을 고려하여 폭, 측고, 동고의 기본 규격을 7.8m, 2.7m, 4.65m로 변경한 수정형 모델에 대한 구조안전성 시뮬레이션을 실시하였다.



### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 시설형태별 구조자재의 규격별 특성

1-2W형은 폭 7m, 측고 2.7m, 동고 4.55m의 규격에 기둥  $\phi 48.1$ , 서까래  $\phi 25.4$ , 중방  $\phi 48.1$ 의 골조자재를 사용하고 있는데, 개선형은 규격에는 변동이 없으나 기둥  $\phi 60.5$ , 서까래  $\phi 33.5$ , 중방  $\phi 48.1$ 로 설정하고, 수정형은 폭 7.8m, 측고 2.7m, 동고 4.55m의 규격으로 변경하였으며 주요골조자재는 개선형과 같은 치수의 자재를 사용하도록 설정하였다.

Table 1. Characteristics of 1-2W type, Improved type, and Modified type

Index	1-2W type	Improved type	Modified type
○ Size			
- Width	7m	7m	7.8m
- Side wall height	2.7m	2.7m	2.7m
- Top height	4.55m	4.55m	4.65m
○ Main frame			
- Column	$\phi 48.1\text{mm}$	$\phi 60.5\text{mm}$	$\phi 60.5\text{mm}$
- Rafter	$\phi 25.4\text{mm}$	$\phi 33.5\text{mm}$	$\phi 33.5\text{mm}$
- Cross beam	$\phi 48.1\text{mm}$	$\phi 48.1\text{mm}$	$\phi 48.1\text{mm}$

#### 나. 구조자재에 미치는 설계풍속과 적설심의 분포 조사

지역별 최대풍속 분포는 해안지역 및 일부지역을 제외한 대부분의 지역에서 24~28m/s 정도의 분포를 보였고, 최대적설심은 대부분 지역에서 15~25cm 정도의 분포를 보였으나, 강원지역과 전북지역은 40~70cm 정도의 높은 수치로 나타났다.

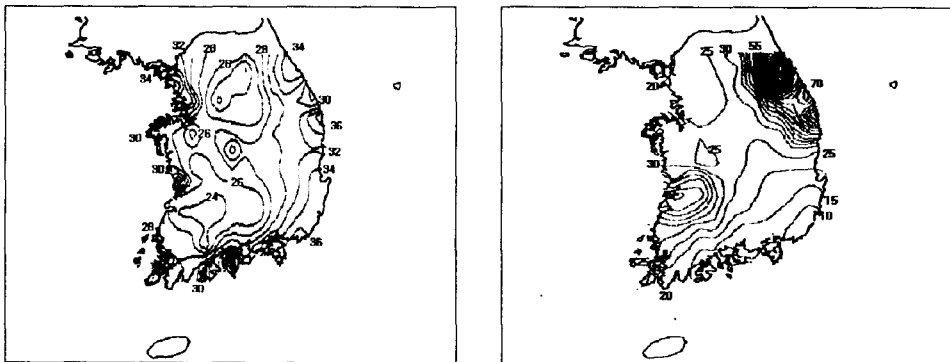


Fig. 1. Distribution of design wind speed and design snow depth (recurrence interval : 15 years)

다. 안전구조 분석 및 시공비 비교

Table 2. Maximum design wind speed and maximum design snow depth

Index		1-2W type	Improved type	Modified type
Maximum bending moment by wind load (kg-cm)	Column	24.5	4.78	5.86
	Rafter	30.6	2.23	2.48
	Cross beam	39.9	2.03	2.40
Maximum design wind speed (m/sec)		24.5	43.9	39.6
Maximum bending moment by snow load (kg-cm)	Column	13.8	399.6	468.7
	Rafter	33.2	67.9	74.4
	Cross beam	53.5	54.4	58.7
Maximum design snow depth (cm)		13.8	23.0	19.5

Table 3. Comparison of construction cost

Index	Frame	Cove rings	Ventilation	Screen	etc.	Labor	Profit (15%)	Tax (10%)	Total	Price (1000 won/3.3m <sup>2</sup> )	Index no. of price
1-2W type	17.2	2.4	2.4	6.5	10.5	14.0	7.95	5.3	66.3	108.6	100
Improved type	21.0	2.4	2.4	10.6	10.5	14.0	9.1	6.1	76.1	124.8	114.9
Modified type	19.9	2.4	2.4	11.8	10.5	14.0	9.0	6.0	76.0	112.6	103.7

※ 1-2W type, Improved type : width 7m, length 96m, 3span(2,013m<sup>2</sup>)

Modified type : width 7.8m, length 96m, 3span(2,244m<sup>2</sup>)

1-2W형과 개선형 및 수정형 모델의 구조안전 시뮬레이션 결과 최대풍속은 각각 34.0, 43.9, 39.6m/s로 나타났으며, 최대적설심은 14.1, 23.0, 19.5cm로 나타났다. 개선형의 경우 1-2W형에 비해 기둥과 서까래가 보강됨으로써 최대 풍속 및 최대적설심에 대한 지역 적응성이 향상되었으나 그에 대한 시공비의

가격지수가 114.9정도의 큰 폭으로 증가하였으므로, 폭을 증가시켜 재배면적을 증가시키므로써 평당가격을 낮추어 가격지수가 103.7의 적은 폭으로 증가한 수정형 모델이 합리적이라고 판단되었다.

#### 4. 결과 요약

- 가. 기존 1-2W형의 주 골조자재인 기둥, 서까래, 중방  $\phi 48.1$ ,  $\phi 25.4$ ,  $\phi 48.1$ 의 규격을  $\phi 60.5$ ,  $\phi 33.5$ ,  $\phi 48.1$ 로 적용하여 설계풍속 및 설계적설심에 대해 구조안전성 시뮬레이션을 수행하였다.
- 나. 1-2W형과 개선형의 구조안전 시뮬레이션 결과 최대풍속은 각각 34.0, 43.9m/s였으며, 최대적설심은 14.1, 23.0cm였다.
- 다. 폭 7m, 길이 96m, 3연동 610평 기준 1-2W형 및 개선형의 평당 공사비는 각각 108.6천원, 124.8천원인데 비해, 폭 7.8m, 길이 96m, 3연동 680평 기준 수정 1-2W형의 평당공사비는 112.6천원으로 1-2W형에 비해 가격지수가 3.7정도 증가하였다.
- 라. 개선 1-2W형 비닐하우스는 주요 골조자재를 보강하면 자재비용이 증가하므로 경제적 측면과 농가보급형 양액재배시설을 고려하여 폭 7.8m, 측고 2.7m, 동고 4.65m인 수정 1-2W형 비닐하우스를 제안하였다.
- 마. 개선 1-2W형과 수정 1-2W형의 최대풍속은 43.9, 39.6m/s이고, 최대적설심은 각각 23.0, 19.5cm로 분석되었다.

#### 참고문헌

1. 박중춘외. 1994. 시설원예 현대화하우스 모델 설정 및 재배효과에 관한 연구. 농촌진흥청1,2,3,최종
2. 이석건외. 1995. 원예시설의 구조안전기준 작성(최종). 농어촌진흥공사
3. 송현갑외. 1993. 시설원예자동화-기초와응용-. 문운당
4. 이석건. 1992. 농업환경조절공학. 교보문고
5. Robert A. Aldrich. 1994. Greenhouse Engineering 3rd rev.. Northeast regional agricultural engineering service.
6. J.C. Bakker. G.P.A. Bot, H. Challa, N.J. Van de Braak. 1995. Greenhouse climat control. Wageningen pers.