

부산·경남지역 플라스틱하우스의 구조 실태 및 안전성

Field Survey and Structural Safety of Plastic Greenhouses in Busan and Gyeongnam Regions

유인호*, 이재한, 이한철, 권기범, 최영하, 김희태, 박인철, 최경이, 박희생,
영남농업시험장 부산원예시험장

I. H. Yu* · J. H. Lee · H. C. Ree · G. B. Kwon · Y. C. Choi · H. T. Kim · I. C. Park
G. L. Choi · H. S. Park

Busan Hort. Exp. Station, Nat'l Yeongnam Agri. Exp. Sta., Busan 618-300

서 론

현대화된 시설은 일부 지역을 제외하고는 지역별로 다양한 형태로 특성화된 온실이 널리 분포하고 있는 실정이다. 이러한 온실들은 정확한 구조설계 없이 설치됨으로써 구조적인 취약점을 가지고 있어 기상재해 발생시에 재산상의 손실은 물론이고 생산기반까지 직접적인 영향을 받는다. 특히 2003년 9월 12일에 발생한 태풍 “매미”는 최대풍속이 43m/s로 경남지역을 관통하면서 시설재배농가에 막대한 피해를 주었다. 기상학자에 따르면 이러한 기상재해의 발생은 증가할 것으로 예측되고 있어 시설물의 구조적인 안전성에 대한 중요성은 증대되고 있다. 온실 구조 안전에 대한 체계적이고 종합적인 연구가 지속적으로 이루어져야 하며 기상재해에 대한 피해를 경감시킬 수 있는 대책을 모색할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 부산·경남지역에 널리 보급되어 있는 연동형, 팽폭형 및 쓰리쿼터형 온실에 대한 온실의 구조 실태를 조사하고 구조해석을 통하여 안전성을 검토하고 나아가 기상재해 등에 피해를 경감시킬 수 있는 구조의 보강 및 표준화를 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다

재료 및 방법

1. 플라스틱하우스의 구조 실태 조사

조사지역은 부산, 김해, 창원, 함안, 마산, 창원, 진주, 밀양, 의령 등 시설원예주산지 9개 지역을, 재래식 단동하우스는 제외하고 연동형 혹은 대형 플라스틱하우스를 대상으로 다음의 항목을 현장 조사하였다.

온실형태 : 연동형, 팽폭형 및 쓰리쿼터형 온실

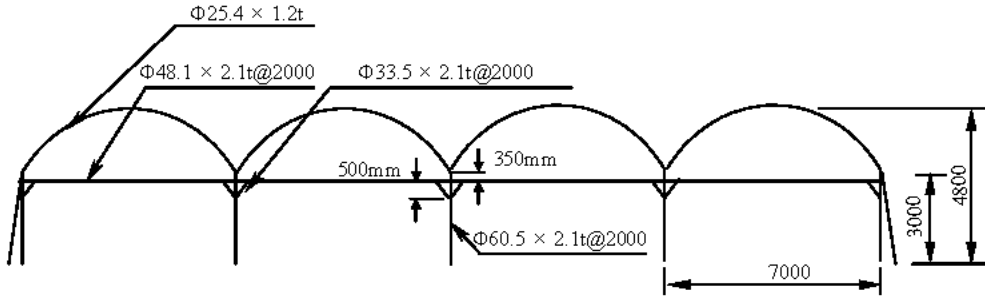
시설규격 : 폭, 동고, 측고,

골조규격 : 서까래, 기둥, 중방등의 골조직경(Ø), 두께(T), 설치간격 및 설치개수

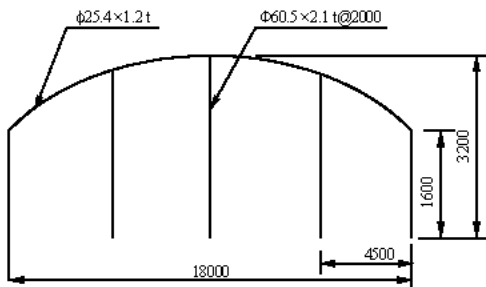
2. 구조해석 및 안전성 검토

구조해석을 실시한 온실의 형태와 부재 단면의 치수는 그림 1과 같다. 파이프의 탄성계수는 $1.72 \times 10^6 \text{kgf/cm}^2$, 허용휨응력은 1600kgf/cm^2 의 값을 사용하였다. 같은 형태의 온실이라도 폭과 높이 등이 다양하기 때문에 조사된 온실의 동쪽과 지붕높이, 지붕높이

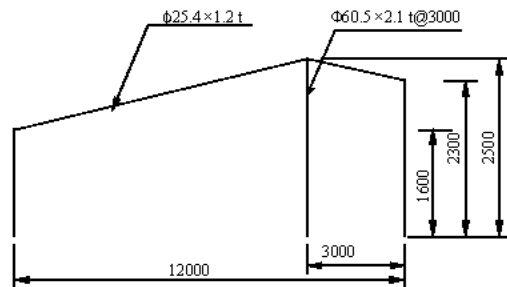
를 분석한 후 연동형온실, 광폭형온실 및 쓰리쿼터형 온실 각각에 대하여 대표적인 규격을 선정하여 구조해석을 실시하였다. 구조해석 결과와 부재의 허용휨응력을 비교하여 구조물이 견딜 수 있는 안전팩속을 구하여 온실의 구조 안전성을 검토하였다. 구조물에 단위풍하중(1kg/cm)을 적용하여 구조 해석 프로그램(SAP2000)에 의한 구조해석을 실시한 후 안전하중으로 환산하였다.



< 연동형 >



< 광폭형 >



< 쓰리쿼터형 >

그림 1. 구조해석을 실시한 온실의 단면도

결과 및 고찰

1. 플라스틱하우스의 구조 실태

부산 및 경남 8개 지역에서 조사한 결과 연동형온실은 70개 농가였고, 3연동과 4연동 형태가 각각 19개와 21개, 광폭형온실은 28개, 쓰리쿼터형 온실은 17개 농가로 나타나 가장 많이 설치되었던 형태를 기준하여 온실의 폭, 동고 및 측고를 조사한 결과는 표 1과 같다.

온실의 주요 골조는 서까래와 가로대로 구성되어 있으며, 서까래의 규격 및 설치간격은 표 2와 같다. 서까래는 다양한 규격이 사용되었는데, 연동형은 직경 25.4mm, 두께 1.2mm, 와 직경 48.1mm, 두께 2.1mm, 광폭형은 직경 25.4mm, 두께 1.5mm와 직경 31.8mm, 두께 1.5mm가 혼용되고 있는 반면, 쓰리쿼터형은 직경 25.4mm가 주로 설치되어 있었다.

표 1. 플라스틱하우스 형태별 규격

| 형 태 | 계 | 온실 폭 | | 둥고 | | 측고 | |
|-----------|----|---------|-----|---------|-----|---------|-----|
| | | 폭(m) | 농가수 | 높이(cm) | 농가수 | 높이(cm) | 농가수 |
| 4연동 | 21 | < 5 | 0 | < 360 | 1 | < 240 | 1 |
| | | 5~6 | 1 | 360~420 | 1 | 240~259 | 3 |
| | | 6.1~7 | 19 | 421~480 | 15 | 260~279 | 6 |
| | | 7.1~8 | 1 | 481~540 | 4 | 280~300 | 9 |
| | | >8 | 0 | 541~600 | 0 | > 300 | 2 |
| 광폭형 | 28 | < 10 | 8 | < 270 | 6 | < 140 | 1 |
| | | 10~13.9 | 7 | 270~319 | 8 | 140~160 | 19 |
| | | 14~17.9 | 3 | 320~509 | 4 | 161~179 | 0 |
| | | 18~21.9 | 8 | 510~600 | 6 | 180~199 | 0 |
| | | > 22 | 2 | > 600 | 4 | > 200 | 8 |
| 쓰리 쿼터형 | 17 | < 9 | 0 | < 240 | 1 | < 140 | 0 |
| | | 9~10 | 6 | 240~260 | 13 | 140~160 | 17 |
| | | 10.1~11 | 1 | 261~280 | 0 | 161~179 | 0 |
| | | 11.1~12 | 8 | 281~300 | 3 | 180~199 | 0 |
| | | > 12 | 2 | > 300 | 0 | > 200 | 0 |

표 2. 서까래 파이프 규격 및 설치간격

| 형 태 | 파이프직경(mm) | 파이프 두께 (T) | 농가수 | 설치간격(cm) | 농가수 |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------|------------|----------|
| 4연동 | 19.1 (48.1) | 1.2 (2.1) | 1 (6) | < 50(200) | 0 (0) |
| | 22.2 (31.8, 48.1) | 0 (1.5, 2.1) | 0 (1, 2) | 50~59(200) | 2 (0, 3) |
| | 25.4 (31.8, 48.1) | 1.2 1.5 (1.5 2.1) | 3, 2 (1, 2) | 60~69(200) | 3 (5) |
| | 31.8 (48.1) | 1.5 (0) | 3(0) | 70~80(200) | 5 (4) |
| 광폭형 | 19.1 (31.8, 48.1) | 1.2 (0) | 1(0) | < 50(200) | 4 |
| | 22.2 (31.8) | 0 (1.5) | 0(1) | 50~59(200) | 5 (3) |
| | 25.4 (31.8) | 1.2 1.5 (1.5) | 4, 5(4) | 60~69(200) | 9 (5) |
| | 31.8 (31.8) | 1.5 (1.5) | 7 (5) | > 70(200) | 5 (4) |
| | 48.1 | 2.1 | 1 | 200 | 1 |
| 쓰리 쿼터형 | 19.1 | 0 | 0 | < 40 | 0 |
| | 22.2 | 1.2 | 2 | 40~45 | 9 |
| | 25.4 | 1.2 1.5 | 12, 3 | 46~50 | 8 |

주) ()안의 숫자는 규격이 다른 파이프가 혼용된 경우

표 3은 중방 및 기둥의 파이프 규격을 조사한 결과이다. 연동형 온실에서는 기둥과 중방이 설치되어 있는 반면에 광폭형 및 쓰리쿼터형은 중방이 없는 시설이 대부분이었다. 중방에 이용된 파이프 규격 및 설치간격에 있어 연동형은 직경 48.1mm, 2m 간격이 가장 많았고, 광폭형은 직경 31.8mm 2m 간격으로 일부 설치되어 있었다. 기둥에 이용된 파이프 규격 및 설치간격에 있어 연동형과 광폭형은 직경 60.5mm, 2m 간격이 가장 많았고, 쓰리쿼터형은 직경 48.1mm, 3m 간격으로 대부분 설치되어 있었다.

표 3. 중방 및 기둥 파이프 규격

| 형 태 | 파이프지경(mm) | | 파이프 두께 (T) | | 농가수 | | 설치간격(m) | | 농가수 | |
|-----------|-----------|------|------------|-----|-----|----|---------|----|-----|----|
| | 중방 | 기둥 | 중방 | 기둥 | 중방 | 기둥 | 중방 | 기둥 | 중방 | 기둥 |
| 4연동 | 42.2 | 48.1 | 2.1 | 2.1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 13 | 1 |
| | 48.1 | 50.8 | 2.1 | 2.1 | 16 | 1 | 3 | 2 | 4 | 17 |
| | 50.8 | 60.5 | 2.1 | 2.1 | 1 | 16 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| | 60.5 | | 2.1 | | 3 | | > 5 | | 1 | |
| 광폭형 | 31.8 | 42.2 | 1.5 | 2.1 | 7 | 4 | 없음 | 없음 | 17 | 11 |
| | 42.2 | 48.1 | 2.1 | 2.1 | 1 | 6 | 2 | 2 | 7 | 12 |
| | 48.1 | 60.5 | 2.1 | 2.1 | 3 | 7 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | | | | | | | 4 | >4 | 1 | 2 |
| 쓰리 쿼터형 | 48.1 | 42.2 | 2.1 | 2.1 | 1 | 6 | 없음 | 2 | 16 | 2 |
| | | 48.1 | | 2.1 | | 10 | 4 | 3 | 1 | 15 |
| | | 60.5 | | 2.1 | | 1 | | | | |

2. 구조 해석 및 안전성 검토

구조물에 단위풍하중을 적용시켜 구한 최대단면력으로부터 각 부재에 발생되는 최대 응력을 구하고, 이것이 부재의 허용응력을 초과하지 않는 범위에서 각 구조물이 견딜 수 있는 안전풍속(m/s)을 구한 결과는 표 4, 5와 같다. 온실의 높이와 폭 등이 매우 다양하여 단적으로 평가하기는 곤란하지만, 본 분석 결과로 풍하중에 대해 안전을 확보하기 위해서는 온실의 폭과 높이를 제한하거나 또는 서까래의 단면 치수를 증가시켜야 하는 것으로 판단되었다.

표 4. 단위하중 작용시 부재에 발생되는 최대단면력

| 형 태 | 단 면 | 모멘트 (kg · cm) | 축방향력 (kg) | 전단력 (kg) | 반력 (kg) |
|-------|-----|------------------|--------------|-------------|------------|
| 4연동 | 서까래 | 6056.76 | 388.18 | 118.81 | 363.36 |
| | 기둥 | 7575.71 | 364.67 | 199.44 | 364.61 |
| | 중방 | 3139.79 | 199.36 | 67.11 | |
| 광폭형 | 서까래 | 11597.72 | 160.64 | 165.60 | 146.45 |
| | 기둥 | 3215.00 | 293.54 | 16.50 | 293.54 |
| 쓰리쿼터형 | 서까래 | 20759.55 | 242.525 | 225.42 | 183.06 |
| | 기둥 | 43838.96 | 64.95 | 307.60 | 64.95 |

표 5. 안전 풍속 및 최대인발력

| 형 태 | 안전풍속(m/s) | | | | | 최대인발력 (kg) |
|-------|-----------|------|------|------|------|---------------|
| | S 40 | S 50 | S 60 | S 70 | S 80 | |
| 4연동 | 29.9 | 26.8 | 24.4 | 22.6 | 21.2 | 50.6 |
| 광폭형 | 24.4 | 21.8 | 19.9 | 18.5 | 17.3 | 10.9 |
| 쓰리쿼터형 | 19.0 | 17.0 | 15.5 | 14.3 | 13.4 | 7.4 |

주) S는 서까래 간격(cm)

요약 및 결론

플라스틱하우스의 구조상태를 조사하고 안전성을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단동하우스는 농가보급형 하우스에 비하여 폭이 넓고 높이가 낮으며, 특히 처마높이가 낮은 터널형태를 보이고 있으며, 연동하우스 농가보급형 하우스보다 폭이 좁고 높이도 낮은 것이 많았다.
2. 연동하우스의 서까래 규격은 농가보급형 하우스에 가까우나 단동하우스는 농가보급형 온실에 비하여 부재단면이 작거나 서까래 간격이 넓은 경우가 많았다.
3. 연동하우스에서 기둥과 중방의 규격은 대체로 농가보급형 하우스와 유사하게 설치되어 있었다.
4. 4연동, 광폭형, 쓰리쿼터형하우스 모두 대부분 조사대상지역에서 15년 빈도의 풍하중에 대하여 불안정한 것으로 나타나 보강이 필요할 것으로 판단되었다.

인용문헌

1. 김문기, 손정익, 남상운, 1992, 생물생산시설의 구조설계에 관한 연구(2), 생물생산시설환경 1(2), pp.148 153.
2. 김문기, 남상운, 손정익, 윤남규, 1994, 지역별 특성화 온실의 실태 및 구조적 안전성, 생물생산시설환경 3(2), pp.128 135.
3. 김문기 외, 1995, 시설구조의 기준화 및 작물재배 연구, 농촌진흥청 연구보고서, pp.89 144.
4. 김문기, 남상운, 1995, 파이프하우스의 구조안전에 관한 실험적 연구, 생물생산시설환경 4(1), pp.17 24.
5. 이석건 외, 1995, 원예시설의 구조안전기준 작성, 농어촌진흥공사 농어촌연구원, pp.260.
6. 이시영 외, 1998, 농가보급형 비닐하우스 1 2W형의 구조분석 시뮬레이션에 의한 규격 개선 연구, 한국생물생산시설환경학회 학술논문발표요지 7(1), pp.89 93.
7. 이현우, 이석건, 1995, 경북지방 파이프하우스의 안전골조간격에 관한 연구, 생물생산시설환경 4(2), pp.195 202.