

# 지역별 대표 단동비닐하우스의 안전풍속 및 적설심 분석

## Analysis of Safety Wind Speed and Snow Depth of representative Single-span Plastic Greenhouse by Regions

이석건 · 이종원\* · 이현우 (경북대)

경북대학교 농업생명과학대학 농업토목공학과

Lee, S.G. · Lee, J.W.\* · Lee, H.W.

Department of Agricultural Eng., Kyungpook National Univ., Daegu, 702-701

### 서 론

2002년말 기준으로 국내의 원예시설 설치면적은 51,873ha에 이르고 있으며, 이 가운데 채소를 재배하고 있는 원예시설은 48,535ha(유리온실 207ha, 비닐하우스 48,328ha)이고 화훼를 재배하는 원예시설은 3,338ha(유리온실 140ha, 3,198ha)이다. 이러한 원예시설중 전체면적의 85%인 44,263ha가 비가림 시설을 포함한 단동비닐하우스이다. 국내 시설재배면적의 대다수를 차지하고 있는 단동 비닐하우스(터널형 및 비가림 시설 포함)는 시공의 간편성과 시설비의 저렴성으로 인하여 농가에서 선호하고 있으나 구조의 경량성으로 인하여 기상재해에 취약한 실정이다. 따라서, 본 연구는 지역별로 대표적인 온실규격을 선정된 후, 선정된 온실규격에 대하여 안전풍속과 적설심 및 구조 안전성을 분석하여 국내에 설치되어 있는 단동비닐하우스의 기상재해로 인한 피해를 경감시킬 수 있는 모델 개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 가. 지역별 대표 단동 비닐하우스의 규격

이 등(2002)은 국내에 설치되어 있는 단동비닐하우스의 대표적인 구조유형을 분석하기 위하여 전국 32개지역을 대상으로 지역별로 단동비닐하우스의 구조실태를 조사한 바 있다. 이 조사결과를 근거로 지역별 단동비닐하우스의 구조안전성을 검토하기 위한 대표적인 온실 규격을 표 1과 같이 선정하였다.

#### 나. 구조해석 및 안전성 검토 방법

지역별 단동 비닐하우스의 대표적인 규격을 선정하여, 온실 각 부위별 풍력계수와 지붕경사에 따른 적설하중 절감계수를 고려한 단위하중(1.0kgf/cm)을 적용하여 단위 풍하중과 적설하중에 대한 단면력을 구하였다. 구조해석 결과와 부재의 허용응력을 비교하여 구조물이 견딜 수 있는 안전풍속과 안전적설심을 구한 후 재현기간 8년에 해당하는 지역의 설계풍속, 설계적설심과 비교하여 온실의 구조적 안전성을 검토하였다. 그리고, 단동 비닐하우스에 단위풍하중과 단위적설하중을 적용하여 구조해석 전용 프로그램(SAP2000)으로 구조해석을 실시하여 단위하중에 따른 최대단면력을 구하여 지역별 대표 단동 비닐하우스의 안전하중으로 환산하였다.

표 1. 구조해석을 실시한 단동 비닐하우스의 규격

| 지 역           | 강원  | 경기   | 충남   | 충북           | 전남   | 전북   | 경남           | 경북           |
|---------------|-----|------|------|--------------|------|------|--------------|--------------|
| 온실형태          | 아치형 | 복숭아형 | 복숭아형 | 아치형          | 복숭아형 | 복숭아형 | 아치형          | 복숭아형         |
| 온 실 폭<br>(cm) | 480 | 550  | 650  | 550 /<br>650 | 650  | 550  | 550 /<br>650 | 480 /<br>550 |
| 지붕높이<br>(cm)  | 254 | 256  | 258  | 262 /<br>276 | 253  | 228  | 213 /<br>232 | 204 /<br>218 |
| 처마높이<br>(cm)  | 122 | 135  | 113  | 138 /<br>143 | 132  | 116  | 113 /<br>123 | 99 /<br>104  |
| 서까래간격<br>(cm) | 125 | 95   | 85   | 85           | 70   | 75   | 90           | 105          |

## 결과 및 고찰

### 1. 지역별 대표 단동온실의 안전풍속

지역별 대표 단동온실에 단위 풍하중을 작용시켜 구조해석을 실시하여 최대 단면력을 구한 결과는 표 3과 같다. 그리고, 표 3으로부터 각 부재에 발생하는 최대응력을 구하여, 부재의 허용응력을 초과하지 않는 범위에서 비닐하우스가 견딜 수 있는 안전풍속을 구한 결과는 표 4와 같다. 안전풍속이 가장 큰 온실은 경북지역 대표온실(H 1)이고, 안전풍속이 가장 작은 온실은 전남지역(E) 대표온실인 것으로 나타났다.

표 3. 단위풍하중 작용시 단동 비닐하우스의 최대 단면력

| 구분  | 지역 | 모멘트(kgf·cm) | 반 력(kgf) | 축방향력(kgf) | 전단력(kgf) |
|-----|----|-------------|----------|-----------|----------|
| A   | 강원 | 7,800.75    | 121.12   | 121.12    | 114.89   |
| B   | 경기 | 10,892.92   | 139.31   | 139.31    | 147.34   |
| C   | 충남 | 12,395.25   | 163.20   | 163.20    | 168.42   |
| D 1 | 충북 | 10,322.23   | 139.70   | 139.70    | 140.97   |
| D 2 | 충북 | 13,319.58   | 164.34   | 164.34    | 168.98   |
| E   | 전남 | 14,990.72   | 195.06   | 195.06    | 201.56   |
| F   | 전북 | 9,701.91    | 138.72   | 138.72    | 143.11   |
| G 1 | 경남 | 10,248.34   | 164.80   | 164.80    | 153.89   |
| G 2 | 경남 | 13,596.85   | 194.52   | 194.52    | 189.21   |
| H 1 | 경북 | 7,225.92    | 120.80   | 120.80    | 118.82   |
| H 1 | 경북 | 8,761.13    | 138.07   | 138.07    | 137.69   |

지역별 설계풍속과 비교하기 위해서 시설의 표준 내용년수와 안전도로부터 결정되는 재현기간의 확률적인 값을 이용하여야 한다. 본 연구에서는 시설의 표준 내용년수를 5년(소형, 이동식 플라스틱하우스)으로 하고, 파이프 골조의 비닐하우스에 일반적으로 적용되는 안전율을 50%로 하여 재현기간 8년의 설계풍속을 적용하여 검토하였다. 재현기간 8년의 설계풍속을 등급별로 구분하여 지역을 분류한 결과는 표 5와 같다.

표 4. 서까래 간격에 따른 안전풍속(m/s)

| 구분  | 지역 | 서까래 간격, S(cm) |      |      |      |      |      |
|-----|----|---------------|------|------|------|------|------|
|     |    | 60            | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  |
| A   | 강원 | 28.4          | 26.3 | 24.6 | 23.2 | 22.0 | 20.9 |
| B   | 경기 | 23.8          | 22.0 | 20.6 | 19.4 | 18.4 | 17.6 |
| C   | 충남 | 22.6          | 20.9 | 19.6 | 18.4 | 17.5 | 16.7 |
| D 1 | 충북 | 24.3          | 22.5 | 21.0 | 19.8 | 18.8 | 17.9 |
| D 2 | 충북 | 21.1          | 19.6 | 18.3 | 17.3 | 16.4 | 15.6 |
| E   | 전남 | 20.3          | 18.8 | 17.6 | 16.6 | 15.8 | 15.0 |
| F   | 전북 | 26.0          | 24.1 | 22.5 | 21.2 | 20.1 | 19.2 |
| G 1 | 경남 | 25.6          | 23.7 | 22.2 | 20.9 | 19.9 | 18.9 |
| G 2 | 경남 | 21.8          | 20.2 | 18.9 | 17.8 | 16.9 | 16.1 |
| H 1 | 경북 | 31.1          | 28.8 | 26.9 | 25.4 | 24.1 | 23.0 |
| H 1 | 경북 | 27.8          | 25.8 | 24.1 | 22.7 | 21.6 | 20.5 |

표 5. 재현기간 8년의 설계풍속별 지역분류

| 설계풍속(m/s) | 해 당 지 역  |
|-----------|--|
| 20미만      | 홍천, 이천, 성주   |
| 20 25     | 임실, 정주, 남원, 은양, 합천, 수원, 합평, 충주, 양평, 제천, 거창, 의성, 강화, 산청, 삼척, 부안, 부여, 인제, 진주, 전주, 대전 |
| 25 30     | 남해, 해남, 밀양, 광주, 추풍령, 장흥, 거제, 문경, 서울, 서산, 춘천, 대구, 청주, 고흥, 선산, 대천, 영천, 영덕, 보은, 영주    |
| 30 35     | 성산포, 울산, 포항, 제주, 강릉, 대관령, 서귀포, 부산  |
| 35 40     | 울진, 군산, 목포, 속초, 충무, 인천   |
| 40 45     | 여수, 울릉도  |

표 1에서 보는 바와 같이, 지역별 대표 단동온실의 서까래 간격을 고려하여 볼 때 지역별 8년 빈도의 풍하중에 대하여 불안정한 것으로 나타나 보강대책을 강구해야 할 것으로 판단된다.

## 2. 지역별 대표 단동온실의 안전적설심

지역별 대표 단동온실에 단위적설하중을 작용시켜 구조해석을 실시하여 최대 단면력을 구한 결과는 표 6과 같으며, 표 6으로부터 각 부재에 발생하는 최대응력을 구하여, 부재의 허용응력을 초과하지 않는 범위에서 비닐하우스가 견딜 수 있는 안전적설심을 구한 결과는 표 7과 같다. 지역별 대표온실의 안전적설심은 서까래 간격에 따라 5.8~22.1cm범위였으며 눈으로 인한 적설하중에 가장 불리한 온실은 전남지역 대표온실(E)이고 안전적설심이 가장 큰 온실은 강원지역의 대표온실(A)인 것으로 나타났다.

표 6. 단위 적설하중 작용시 온실의 최대 단면력

| 구분  | 지역 | 모멘트(kgf·cm) | 반력(kgf) | 측방항력(kgf) | 전단력(kgf) |
|-----|----|-------------|---------|-----------|----------|
| A   | 강원 | 10239.62    | 285.61  | 285.61    | 120.88   |
| B   | 경기 | 14476.63    | 303.43  | 303.43    | 163.32   |
| C   | 충남 | 19882.73    | 354.73  | 387.95    | 228.13   |
| D 1 | 충북 | 13452.52    | 310.73  | 310.73    | 146.69   |
| D 2 | 충북 | 19375.00    | 360.01  | 360.01    | 204.95   |
| E   | 전남 | 21151.41    | 342.33  | 360.60    | 241.48   |
| F   | 전북 | 14237.86    | 299.58  | 317.58    | 181.59   |
| G 1 | 경남 | 14049.36    | 298.54  | 325.51    | 181.30   |
| G 2 | 경남 | 19926.81    | 348.75  | 394.07    | 237.63   |
| H 1 | 경북 | 10774.62    | 264.55  | 279.27    | 153.33   |
| H 1 | 경북 | 14225.10    | 300.41  | 327.74    | 191.77   |

표 7. 서까래 간격에 따른 안전적설심(cm)

| 구분  | 지역 | 서까래 간격, S(cm) |      |      |      |      |      |
|-----|----|---------------|------|------|------|------|------|
|     |    | 60            | 70   | 80   | 90   | 100  | 110  |
| A   | 강원 | 22.1          | 18.9 | 16.6 | 14.7 | 13.2 | 12.0 |
| B   | 경기 | 15.6          | 13.4 | 11.7 | 10.4 | 9.4  | 8.5  |
| C   | 충남 | 11.4          | 9.7  | 8.5  | 7.6  | 6.8  | 6.2  |
| D 1 | 충북 | 16.8          | 14.4 | 12.6 | 11.2 | 10.1 | 9.2  |
| D 2 | 충북 | 11.7          | 10.0 | 8.7  | 7.8  | 7.0  | 6.4  |
| E   | 전남 | 10.7          | 9.2  | 8.0  | 7.1  | 6.4  | 5.8  |
| F   | 전북 | 15.9          | 13.6 | 11.9 | 10.6 | 9.5  | 8.7  |
| G 1 | 경남 | 16.1          | 13.8 | 12.1 | 10.7 | 9.7  | 8.8  |
| G 2 | 경남 | 11.3          | 9.7  | 8.5  | 7.6  | 6.8  | 6.2  |
| H 1 | 경북 | 21.0          | 18.0 | 15.7 | 14.0 | 12.6 | 11.4 |
| H 1 | 경북 | 15.9          | 13.6 | 11.9 | 10.6 | 9.5  | 8.7  |

시설의 표준 내용년수를 5년(소형, 이동식 플라스틱하우스)으로 하고, 파이프 골조의 비닐하우스에 일반적으로 적용되는 안전율을 50%로 하여 재현기간 8년의 설계풍속을 적용하여 검토하였다. 재현기간 8년의 설계적설심을 등급별로 구분하여 지역을 분류한 결과는 표 8과 같다. 표 1의 지역별 대표 단동온실의 서까래 간격을 고려하여 볼 때 경남지역을 제외한 나머지 전지역의 온실은 재현기간 8년의 설계적설심에 대하여 불안정한 것으로 나타나 보강대책을 강구해야 할 것으로 판단된다. 안전을 확보하기 위해서는 서까래 간격을 감소시키거나 부재의 단면 치수를 증가시키는 등의 대책이 필요한 것으로 나타났다.

표 8. 재현기간 8년의 설계적설심별 지역분류

| 설계적설심(cm) | 해 당 지 역   |
|-----------|---|
| 5미만       | 거제  |
| 5~10      | 부산, 충무, 울산, 고흥, 여수, 남해, 밀양, 진주                              |
| 10~15     | 포항, 장흥, 성주, 영천, 해남, 제주, 서귀포, 대구, 합천, 강화                     |
| 15~20     | 성산포, 의성, 산청, 선산, 영덕, 양평, 대전, 수원, 함평, 거창, 서울, 부여             |
| 20~25     | 대천, 전주, 이천, 온양, 충주, 재천, 홍천, 영주, 인제, 광주, 인천, 보은, 문경, 추풍령, 서산 |
| 25~30     | 울진, 춘천, 남원, 목포, 청주, 군산                                      |
| 30~35     | 임실  |
| 35~40     |   |
| 40~45     | 정주  |
| 45~50     | 삼척, 부안  |
| 60이상      | 강릉, 속초, 대관령, 울릉도  |

### 요약 및 결론

국내에 설치되어 있는 원예시설중 가장 많은 면적을 차지하고 있는 단동비닐하우스의 기상재해로 인한 피해를 경감시킬 수 있는 모델 개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 지역별 대표적인 단동온실 규격을 안전풍속과 적설심을 구한 후 재현기간 8년에 해당하는 지역의 설계풍속 및 적설심과 비교하여 온실의 구조 안전성을 분석하였다.

지역별 대표 단동온실의 안전풍속은 서까래 간격에 따라 15.0~31.1m/s 범위였으며 안전풍속이 가장 큰 온실은 경북지역 대표온실(H 1)이고, 안전풍속이 가장 작은 온실은 전남지역(E) 대표온실인 것으로 나타났으나 재현기간 8년의 설계풍속을 모두 만족하지 못하는 것으로 분석되었다. 그리고, 안전적설심은 5.8~22.1cm범위였으며 눈으로 인한 적설하중에 가장 불리한 온실은 전남지역 대표온실(E)이고 안전적설심이 가장 큰 온실은 강원지역의 대표온실(A)인 것으로 나타났다. 서까래 간격을 고려하여 볼 때 경남지역을 제외한 나머지 전지역의 온실은 재현기간 8년의 적설하중에 대하여 불안정한 것으로 나타나 보강대책을 강구해야 할 것으로 판단된다.

### 인용문헌

1. 남상운. 2001. 파이프 골조 온실의 유지보수 보강 기술 개발. 농림부.
2. 이석건 외 10인. 1995. 원예시설의 구조안전기준 작성(최종). 농어촌진흥공사.
3. 이석건, 이현우, 이종원. 2003. 지역 및 재배작물별 단동비닐하우스의 구조유형 분석. 한국생물환경조절학회 학술발표논문집 12(2) : 221~225.
4. 이종원, 이석건, 이현우. 2002. 지역별 소형비닐하우스의 구조특성 분석. 한국생물환경조절학회 학술발표논문집 11(2) : 306~315.