

# 원예시설 구조안전성의 문제점과 대책

이 석건(경북대학교 교수)

## I. 서 론

원예시설의 구조는 안전성, 환경조절의 효율성, 경제성 등의 조건을 구비해야 한다. 원예시설의 구조안전성은 구조설계의 적정성, 사용자재 및 시공의 신뢰성, 유지·관리의 적절성 등에 의하여 결정되므로 각 단계에서 면밀하게 검토하면 설계하중 범위내에서 충분한 안전성을 확보할 수 있다. 그러나 이 중 한 단계만이라도 소홀할 경우에는 구조안전성에 문제가 발생하게 되어 매년 강풍이나 폭설로 원예시설이 파괴되어 막대한 피해를 입고 있는 실정이다. 한편 원예시설의 구조는 시설내부의 환경조절 효율에 절대적인 영향을 미친다. 원예시설에서 환경조절의 대상이 되는 요인은 광, 온도, 습도, 탄산가스 농도, 기류 이동 등이며 조절방법으로는 차광 또는 보광, 보온, 냉·난방, 환기 등의 수단이 이용되고 있으며 환경조절의 효율성은 구조의 영향을 받게 된다. 또한 원예시설의 구조는 건축비가 적정해야 하고 부재별 안전성의 최적화를 통하여 사용자재의 절감을 도모할 수 있어야 한다. 원예시설의 구조는 안전성이 지나치게 강조되면 과잉설계가 되어 자재의 낭비를 초래하고 안전성이 확보되지 않으면 강풍이나 폭설시 파손으로 인한 막대한 피해를 입게 된다.

## II. 본 론

원예시설의 구조안전성에 관한 문제점과 대책은 구조설계의 적정성, 사용자재 및 시공의 신뢰성, 유지·관리의 적절성으로 구분하여 기술하면 다음과 같다.

### 1. 구조설계의 적정성

원예시설의 구조안전성은 기본적으로 설계단계에서 확보되어야 하며 지나치게 안전성을 강조할 경우 과잉설계로 인한 자재의 낭비를 초래하여 비경제적인 설계가 된다. 구조설계의 적정성을 판단하기 위하여 현재 적용되고 있는 구조설계기준의 적합성과 국내에 보급된 온실의 구조안전성 및 설계서의 신뢰성을 검토하였다.

#### 1) 구조설계기준의 적합성

국내에서 온실의 구조설계에 적용되는 기준은 농림수산부와 농어촌진흥공사가 온실구조설계기준(1995)을 처음으로 마련하여 적용해 왔으며 1999년도에 이를 대한건축학회와 공동연구하여 개정기준인 온실구조설계기준 및 해설(농림부·농어촌진흥공사, 1999)을 마련하여 현재 적용하고 있다.

온실은 일반 건축물에 비하여 자중이 가벼운 경량 건축물이다. 따라서 온실 설계시에 적용

하는 하중도 일반 건축물과는 차이가 있다. 특히 일반 건축물 설계시에는 풍하중이나 설하중에 비하여 자중의 비중이 크지만 온실은 이와 상반된다. 따라서 온실설계시 고려하는 풍하중과 설하중은 일반 건축물에 적용하는 기준을 그대로 적용해서는 구조안전에 문제가 있다. 개정된 기준은 온실의 특수성을 거의 고려하지 않고 대부분 일반 건축물의 설계기준을 그대로 적용하고 있기 때문에 앞으로 개선의 여지가 있는 것으로 판단되며 개정된 기준중에서 몇가지 문제점을 지적하면 다음과 같다.

(1) 적용온실의 범위

국내에 보급되어 있는 온실은 플라스틱 파이프 하우스임에도 불구하고 개정기준은 강구조 온실에만 적용할 수 있도록 되어 있어 플라스틱 파이프 하우스에도 적용할 수 있는 구조설계 기준이 제시되어야 한다.

(2) 설계하중의 재현기간

풍하중이나 설하중의 설계치는 시설의 내용년수와 안전율로부터 재현기간을 구하여 재현기간에 대한 지역별 설계풍속과 설계적설심의 재현기대치를 설계용 하중의 기본값으로 사용한다.

시설의 내용년수란 시설의 재료나 부재를 보수하지 않고 사용할 수 있는 년수를 말하고, 물리적인 내용년수와 경제적인 내용년수가 있으며 보통 물리적인 내용년수가 길다. 대형 원예시설에서는 재배작물이나 재배기술이 변화해도 시설은 그대로 사용할 수 있도록 설계하는 것이 바람직하므로 물리적인 내용년수를 고려하는 것이 타당하다.

안전율은 설계풍속이나 설계적설심을 초과하는 풍속이나 적설심이 시설의 내용년수중에는 발생하지 않는 확률의 백분율로서 시설의 구조안전성에 대한 척도가 된다. 원예시설의 골격자재와 피복재의 종류에 따른 표준내용년수와 시설의 용도, 공공성, 투자액 등에 따라 안전율을 분석한 결과는 표 1과 같다. 내용년수와 안전율은 추천값이므로 시공주는 설계자와 합의하여 조정할 수 있다

표 1. 표준내용년수와 안전율

구	분	표준내용년수(년)	안전율(%)
파이프하우스	소형, 이동식	5	50
	대형, 고정식	10	50, 70
철 골 온 실	플라스틱 필름	15	50, 70
	유리	20	70

재현기간은 시설의 표준내용년수와 안전율로부터 식 (1)로 구하며 계산된 결과는 표 2와 같다.

$$\frac{Q}{100} = \left( 1 - \frac{1}{T} \right)^R \quad (1)$$

여기서,  $Q$ 는 안전율(%),  $R$ 은 표준내용년수(년),  $T$ 는 재현기간(년)이다.

표 2. 안전율·내용년수에 따른 재현기간(년)

내용년수(년) \ 안전율(%)	5	10	15	20	25	30
50	8	15	22	30	37	44
60	10	20	30	40	49	59
70	15	30	43	57	71	85
80	23	45	68	90	123	135

개정기준에 의하면 강구조온실의 경우에 내용년수를 15년, 안전도를 50%로 설정하여 이에 상응하는 설계용 풍하중과 설하중의 재현기간을 22년으로 채택하여 재현기간이 단축되었다. 재현기간을 단축시키면 설계용 풍하중과 설하중이 작아지므로 자재는 절감시킬 수 있으나 구조안전성은 문제가 된다.

강구조 온실의 피복재는 대부분 유리이므로 이러한 형태의 온실의 내용년수를 20년으로 하고 동시에 안전율을 70%로 하여 재현기간을 57년으로 하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

실제로 파이프 골조하우스에 사용한 파이프에 관하여 강도의 경년변화, 아연도금 피막의 부식속도 등을 조사하고 관련자료를 분석한 연구에 의하면, 파이프 골조하우스의 내용년수를 소형은 7~8년정도, 대형은 14~15년정도로 설정하는 것이 타당한 것으로 보고 한 바 있다(남상운, 2001). 따라서 강구조로 건축된 대형온실의 내용년수는 이보다 더 길게 설정하는 것이 타당한 것으로 판단되고 일본의 園藝用施設安全構造基準(1997)에서도 온실의 내용년수를 유리온실은 20년, 플라스틱 온실은 10~15년으로 하고 있다.

표 3. 園藝用施設安全構造基準의 표준내용연수, 안전도 및 재현기간(일본, 1997)

온실종류	규모별	표준내용연수(년)	안전도(%)	재현기간(년)
유리온실	소규모	20	50	30
	대규모	20	70	57
플라스틱하우스	소규모	10	50	15
	대규모	15	70	43

재현기간별 설계풍속과 설계적설심을 비교하여 보면, 표 4 및 표 5와 같다. 재현기간이 57년인 경우는 22년에 비하여 설계풍속과 설계적설심이 최고 13.6%, 26.1%정도 높게 나, 재현기간을 22년으로 할 경우에 구조안전성이 미흡하여 강풍이나 폭설로 인한 피해가 예상된다.

표 4. 재현기간에 따른 설계풍속의 비교

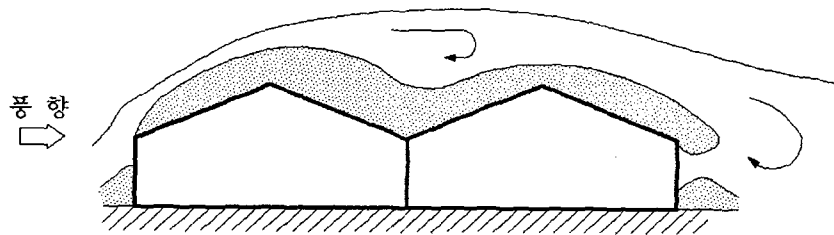
지 역	재현기간별 설계풍속(m/sec)		
	22년	43년	57년
진 주	26.2/100.0	27.6/105.3	28.2/107.6
군 산	38.9/100.0	41.0/105.4	41.8/107.5
여 수	48.5/100.0	53.1/109.5	55.1/113.6

표 5. 재현기간에 따른 설계적설심의 비교

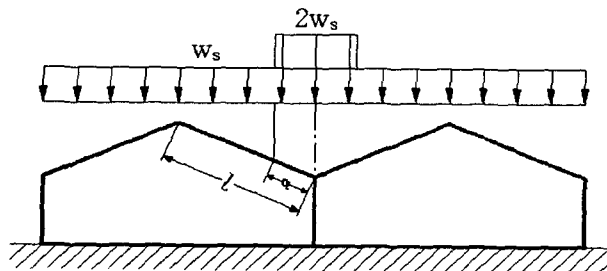
지 역	재현기간별 설계적설심(cm)		
	22년	43년	57년
거 제	6.9/100.0	8.2/118.8	8.7/126.1
부 여	25.9/100.0	29.8/115.1	31.4/121.2
군 산	36.2/100.0	41.5/114.6	43.7/120.7

(3) 연동온실 곡부의 설하중

연동온실의 곡부에는 그림 1의 (a)과 같이 많은 눈이 쌓이므로 그림 1의 (b)와 같이 곡부의 설계용 설하중은 할증율을 곱하여 증가시키는 것이 타당하다. 그러나 개정기준은 연동온실 곡부의 설하중을 고려하지 않고 있어 폭설시 연동온실의 구조안전성이 문제될 것으로 판단된다.



(a) 곡부의 적설 모식도



<주> a는 1/3 또는 3m중 작은 값이고, 적설심 40cm이하일 때는  
연동곡부의 설하중 할증율을 1.5  $W_s$ 로 한다.

(b) 곡부 설하중의 할증율

그림 1. 연동온실 곡부의 설하중

#### (4) 풍력계수의 적용

온실설계시 풍하중은 중요한 하중요인이며, 온실의 벽면이나 지붕면에 작용하는 풍하중은 식 (2)와 같이 계산한다.

$$P = c q A \quad (2)$$

여기서, P는 풍하중(kgf), c는 풍력계수, q는 속도압(kgf/m<sup>2</sup>), A는 유효수압면적(m<sup>2</sup>)이다. 풍력계수는 동압력인 속도압에 대한 구조물 표면에 작용하는 정압력의 비를 말하고 온실형상에 따라 다르다.

일본이나 네델란드 등 시설원에 선진국에서도 온실설계시 이상과 같은 방법으로 풍력계수를 적용하고 있다. 그러나 개정기준에서 풍하중은 외압계수, 내압계수, 가스트 계수, 노풍도, 고도분포계수, 풍속할증계수 등 일반건축물에 적용되는 관련계수를 그대로 사용하고 있어 풍하중 산정시 혼동을 초래하고 있다.

## 2) 국내 보급온실의 구조안전성

현재 국내에는 여러 가지 형태의 온실이 보급되어 있으나, 이 들 온실이 구조안전성, 환경 조절 효율성, 경제성 등의 측면에서 완전한 조건을 갖추었다고는 보기 어렵다. 따라서 이들 온실에 대한 지속적인 개선을 통하여 국내 환경에 보다 적합한 형태로 발전시킬 필요가 있을 것으로 판단된다.

국내에 보급되어 있는 온실의 구조안전성을 파악하기 위하여 대표적인 온실형태에 대하여 골조의 부재별 안전성을 비교하고 집합부와 기초의 안전성을 검토하였다. 또 비규격 소형 플라스틱하우스의 안전 골조간격을 분석한 예를 소개하고 폭설 및 강풍에 대한 구조안전성을 검토하였다.

### (1) 골조의 부재별 안전성

국내에 보급되어 있는 온실중에서 대표적인 형태인 플라스틱 온실(A형)과 철골온실(B형)의 부재별 안전풍속과 안전적설심을 분석한 결과는 그림 2~그림 5와 같다.

그림 2 및 그림 3은 플라스틱 온실(A형)의 연동수에 따른 부재별 안전풍속과 안전적설심을 나타 낸 것이다. 단동온실은 내측기둥이 없고 그림 3에서 2연동은 적설하중 작용시 대칭구조이므로 내측기둥은 모멘트가 0이므로 안전적설심은 무한대로 된다. 풍하중에 대하여 내측기둥과 중방은 다른 부재에 비하여 과잉설계되어 있고 특히 연동온실에서 내측기둥의 안전적설심은 매우 크기 때문에 구조설계시 개선해야 할 필요가 있다.

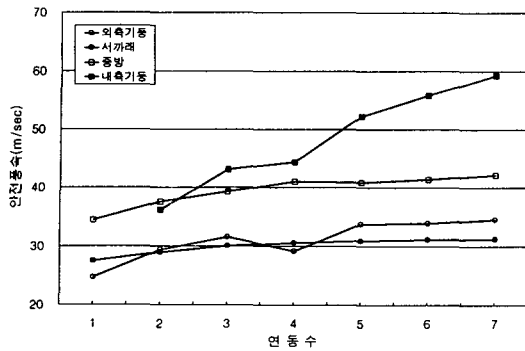


그림 2. 연동수에 따른 플라스틱 온실의 부재별 안전풍속

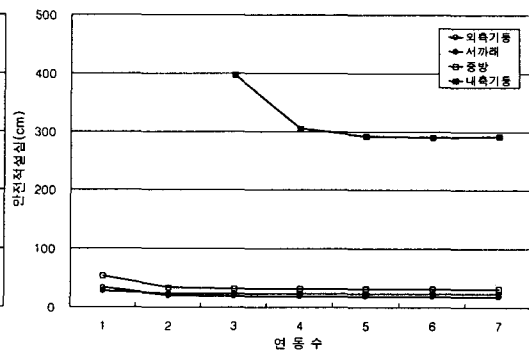


그림 3. 연동수에 따른 플라스틱 온실의 부재별 안전적설심

그림 4 및 그림 5는 철골유리 온실(B형)의 연동수에 따른 부재별 안전풍속과 안전적설심을 나타 낸 것이다. 그림 4에서 2연동의 안전풍속이 특별히 크게 나타 난 것은 2연동과 3연동 이상에 적용되는 풍력계수가 상이하고 2연동 구조에서 내측기둥의 최대모멘트가 3연동 이상인 구조에 비하여 상대적으로 작기 때문이다. 또 그림 5에서 플라스틱 온실과 마찬가지로 2연동은 적설하중 작용시 대칭구조이므로 내측기둥은 모멘트가 0이므로 안전적설심은 무한대로 된다.

풍하중에 대해서는 타이바를 제외한 모든 부재가 과잉설계되어 있고 설하중에 대해서는 내측기둥이 과잉설계되어 있다. 특히 서까래는 부재의 사용량이 많고 내측기둥의 안전적설심은 다른 부재에 비하여 매우 크기 때문에 서까래와 내측기둥의 안전풍속과 안전적설심을 조정함으로써 상당한 자재의 절감이 가능하리라 판단된다.

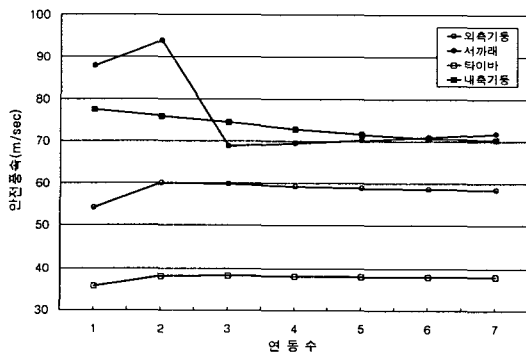


그림 4. 연동수에 따른 철골유리 온실의 안전풍속

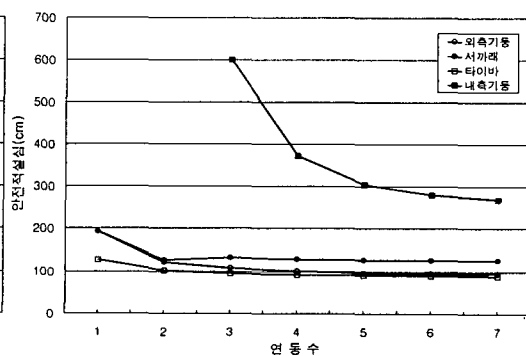


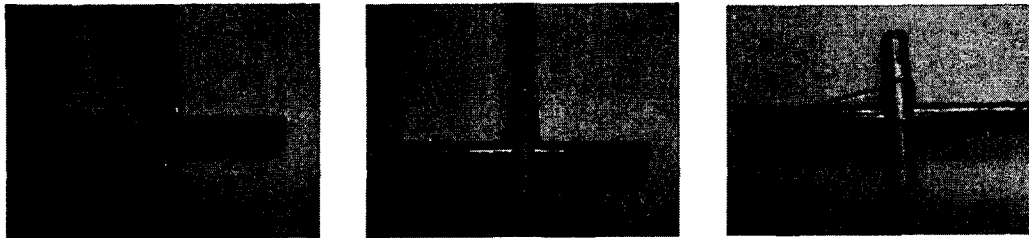
그림 5. 연동수에 따른 철골유리 온실의 안전적설심

국내에 보급되어 있는 대표적인 온실 형태에서 부재별 안전풍속과 안전적설심은 상당한 차이가 있어 안전성을 기준으로 판단할 때 설계의 최적화가 미흡하다. 따라서 모든 부재의 안전풍속과 안전적설심을 온실 설치지역의 설계용 안전풍속과 안전적설심에 근접하도록 설계함으

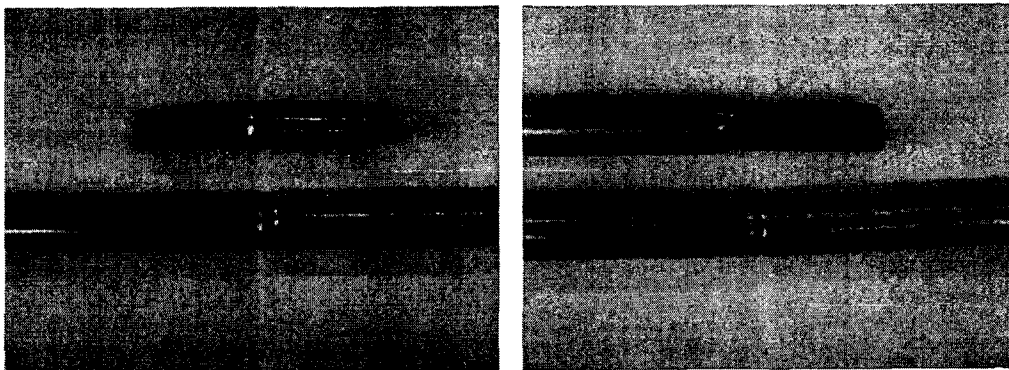
로서 어느 정도의 자재절감을 도모할 수 있으리라 판단된다.

(2) 접합부의 안전성

국내 원예시설 면적의 약 99%이상을 차지하고 있는 소형의 비규격 파이프 하우스는 시공 시 조립연결구가 빈번하게 이용되고 있다. 대표적인 조립연결구는 조리개, 연결핀, 지주파이프, 연동꽃이, T클램프 등이며 외관은 그림 6과 같다. 이들 접합부의 소요강도에 관한 기준이 마련되어 있지 않아 실제로 강풍이나 폭설로 인하여 막대한 피해를 입고 있으며, 파손 예는 그림 7과 같다.

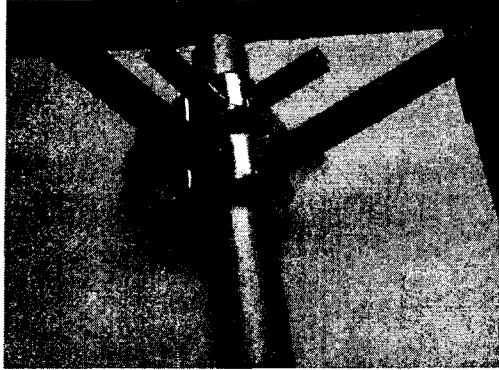


(a) 조리개

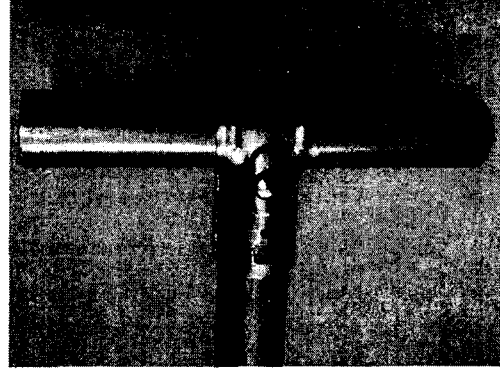


(b) 파이프 connector

(c) 지하매설용 기둥 연결 지주파이프



(d) 연동꽃이



(e) T 클램프

그림 6. 대표적인 조립연결구

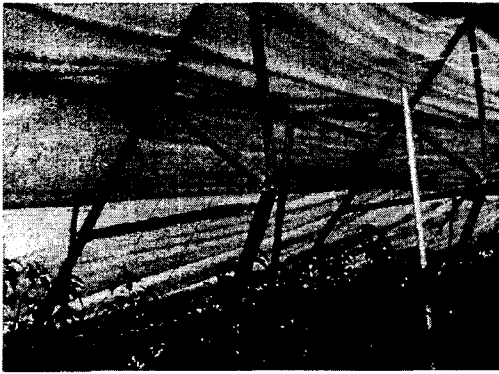


그림 7. 접합부의 파손 예

남 상운(2001)은 파이프 골조온실의 조립 연결구 내력시험에 관한 연구를 수행하여 다음과 같이 지적하고 있다.

- ① 연결핀을 사용한 파이프의 붕괴하중은 단일파이프의 91% 정도로 나타나 처짐이 발생하거나 휨모멘트가 큰 곳에는 사용을 피해야 한다고 보고되어 있다.
- ② 연동꽃이의 휨저항력은 단일파이프의 96.3%로 나타나, 연동꽃이가 주골조를 구성하는 접합부이므로 연동꽃이의 휨저항력을 단일파이프 이상되도록 강화할 필요가 있다.
- ③ 연동하우스의 내측기둥과 물받이 보를 조립하는데 사용되는 T클램프의 저항모멘트는 서까래에 사용되는 단일파이프의 13.7%에 불과해 연동곡부의 좌우측에 편심하중으로 인하여 발생하는 모멘트를 줄이기 위해서 나사못 등을 사용하여 회전을 구속할 필요가 있다.

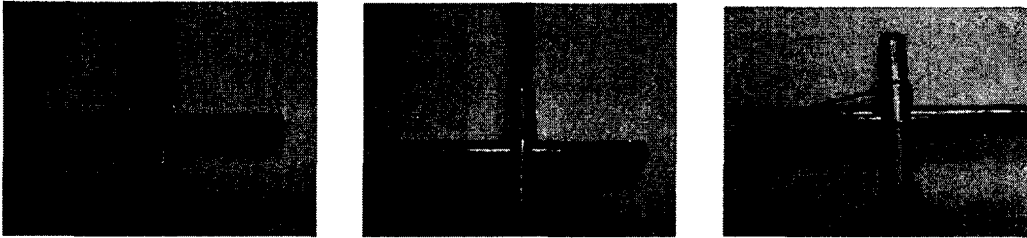
따라서 강풍이나 폭설 피해가 극심한 온실형태인 소형의 비규격 하우스에 적용할 수 있는 구조설계기준을 명확하게 제시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.



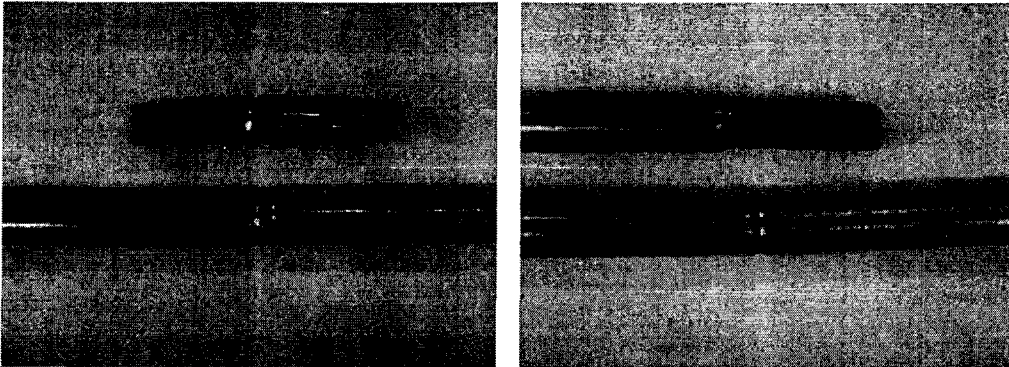
로서 어느 정도의 자재절감을 도모할 수 있으리라 판단된다.

## (2) 접합부의 안전성

국내 원예시설 면적의 약 99%이상을 차지하고 있는 소형의 비규격 파이프 하우스는 시공 시 조립연결구가 빈번하게 이용되고 있다. 대표적인 조립연결구는 조리개, 연결핀, 지주파이프, 연동꽃이, T클램프 등이며 외관은 그림 6과 같다. 이들 접합부의 소요강도에 관한 기준이 마련되어 있지 않아 실제로 강풍이나 폭설로 인하여 막대한 피해를 입고 있으며, 파손 예는 그림 7과 같다.

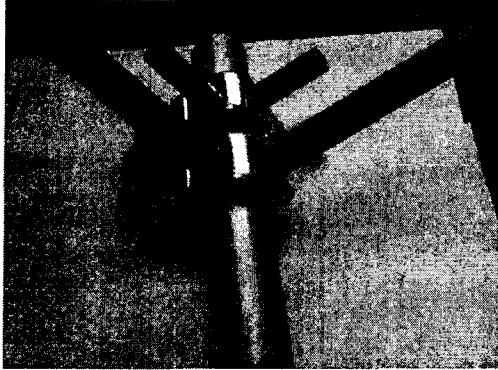


(a) 조리개

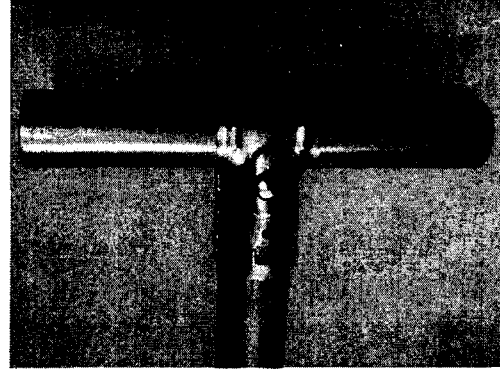


(b) 파이프 connector

(c) 지하매설용 기둥 연결 지주파이프



(d) 연동꽃이



(e) T 클램프

그림 6. 대표적인 조립연결구

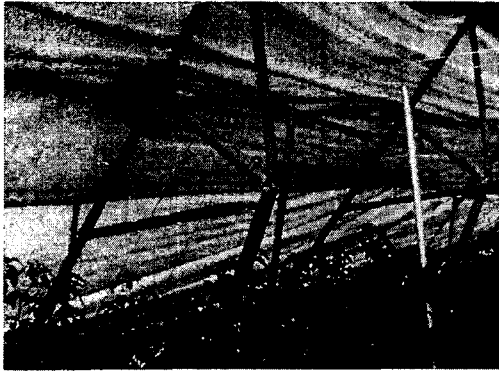


그림 7. 접합부의 파손 예

남 상운(2001)은 파이프 골조온실의 조립 연결구 내력시험에 관한 연구를 수행하여 다음과 같이 지적하고 있다.

- ① 연결핀을 사용한 파이프의 붕괴하중은 단일파이프의 91% 정도로 나타나 처짐이 발생하거나 휨모멘트가 큰 곳에는 사용을 피해야 한다고 보고되어 있다.
- ② 연동꽃이의 휨저항력은 단일파이프의 96.3%로 나타나, 연동꽃이가 주골조를 구성하는 접합부이므로 연동꽃이의 휨저항력을 단일파이프 이상되도록 강화할 필요가 있다.
- ③ 연동하우스의 내측기둥과 물받이 보를 조립하는데 사용되는 T클램프의 저항모멘트는 서까래에 사용되는 단일파이프의 13.7%에 불과해 연동곡부의 좌우측에 편심하중으로 인하여 발생하는 모멘트를 줄이기 위해서 나사못 등을 사용하여 회전을 구속할 필요가 있다.

따라서 강풍이나 폭설 피해가 극심한 온실형태인 소형의 비규격 하우스에 적용할 수 있는 구조설계기준을 명확하게 제시하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

### (3) 기초의 안전성

온실에 작용하는 풍압력은 그림 8과 같이 항력과 양력으로 분해할 수 있으며, 항력은 풍향과 평행한 힘이고 양력은 풍향과 수직인 힘이다.

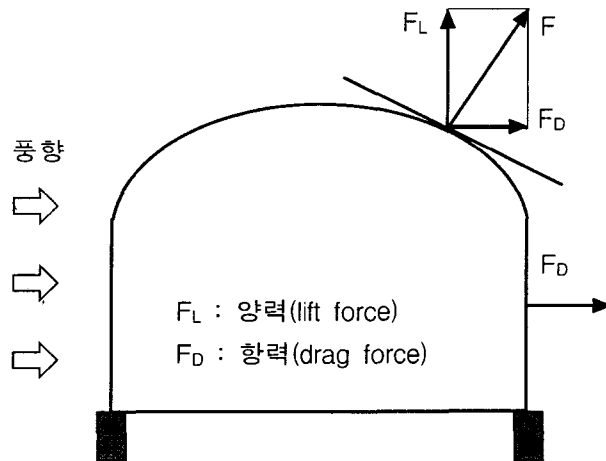


그림 8. 풍하중으로 인한 항력과 양력

지붕면에 작용하는 풍압력(F)은 항력성분( $F_D$ )과 양력성분( $F_L$ )으로 나누어지고 수직벽면에 작용하는 풍압력은 모두 항력성분이 된다. 원예시설에서 양력은 시설의 부상과 관련되고 양력은 모멘트를 발생시켜 시설의 전도와 관련되므로 원예시설의 기초설계시 고려해야 할 중요한 요인이 된다.

원예시설의 기초는 연속기초와 독립기초로 구분할 수 있으며 널리 사용되는 독립기초는 그림 9와 같다. 윤 용철(2001) 등이 플라스틱하우스에 설치된 민말뚝과 주름말뚝을 사용한 말뚝기초의 직경, 매립깊이 및 안전성을 검토한 결과에 의하면, 기초의 인발저항력이 민말뚝을 사용한 경우에는 대부분 부족하였고, 주름말뚝인 경우에는 대부분 충분한 것으로 지적하였다. 또한 기초의 지내력은 온실설치지역의 지반 조건에 따라 상이하므로 지반조사를 반드시 실시해야 한다. 실제로 매립지나 불균일 지반에 설치된 온실이 부등침하로 인하여 피해를 입은 예가 가끔 있다. 특히 유리온실의 경우 부등침하가 생기면 천창 및 측창의 개폐가 불가능해지므로 보수에 막대한 경비가 소요된다. 따라서 농가보급형 온실설계시에는 대표적인 지반에 대한 기초의 표준단면을 제시한 후, 지반조사 결과를 감안하여 필요한 경우에는 보강을 해야 한다.



그림 9. 기초의 종류

(4) 소형의 비규격 플라스틱하우스의 안전 골조간격 분석 예

국내 원예시설의 대부분을 차지하고 있는 소형의 비규격 하우스는 강풍이나 폭설 피해가 극심한 대표적인 온실형태이다. 이러한 형태의 온실중에서 성주지역의 참외 재배용 소형 플라스틱하우스를 대상으로 풍하중과 설하중에 대한 안전 골조간격을 분석하였으며 설치된 하우스의 대표적인 단면은 그림 10과 같다.

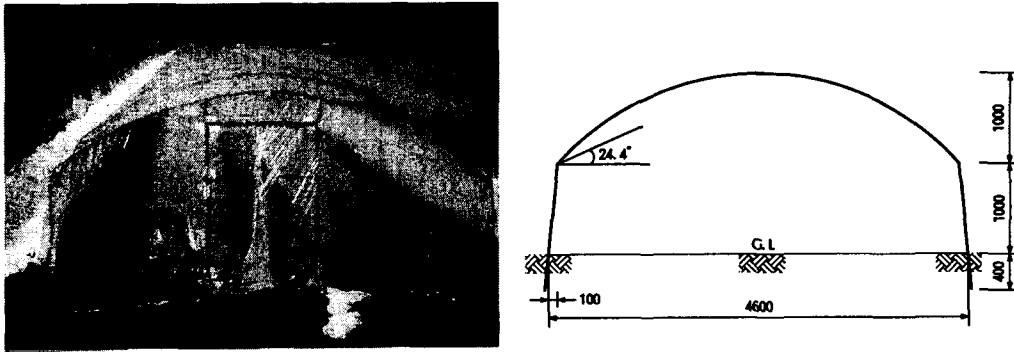


그림 10. 성주지역 참외재배용 하우스(단위 : mm)

① 대상하우스의 안전 골조간격

대상하우스는 소형 플라스틱하우스이므로 내용년수 5년과 안전도 50%를 적용하면 재현기간은 8년이 되고, 이에 해당하는 이 지역의 설계풍속은 20m/sec이고 설계적설심은 12.8cm이다.

표 6은 대상하우스의 재현기간별 풍하중 및 설하중에 대한 안전골조간격을 산정한 결과이며, 설하중을 고려한 안전 골조간격이 풍하중을 고려한 안전 골조간격보다 더 좁기 때문에 대상하우스의 안전한 골조간격은 설하중에 의하여 결정됨을 알 수 있고 재현기간 8년에 대한 안전 골조간격은 117cm이다. 현지 조사에 의하면 대상하우스의 골조간격은 90~110cm였으므로 대상하우스의 골조간격은 풍하중과 설하중에 대해서 모두 안전한 것으로 분석되었다.

표 6. 대상하우스의 재현기간과 안전 골조간격(단위 : cm)

재현기간(년) / 하중의 종류	8	15	22	30	43	57
풍하중	184	168	158	153	147	140
설하중	117	101	93	87	81	77

표 7은 대상하우스의 재현기간과 골조간격에 따라 최대응력을 계산한 결과이다. 계산

된 최대응력이 대상하우스에 사용된 골조재(아연도 강관)의 허용응력( $\sigma_w$ )인  $1,600\text{kgf/cm}^2$ 보다 작아야 안전하며 음영으로 진하게 표시된 응력에 해당되는 골조간격은 안전하며 경계선에 해당되는 골조간격이 안전골조간격이다.

표 7. 설하중 작용시 재현기간별 최대응력(단위 :  $\text{kgf/cm}^2$ )

재현기간(년) \ 골조간격(m)	8	15	22	30	43	57
0.70	952	1,116	1,213	1,287	1,384	1,451
0.75	1,020	1,196	1,300	1,379	1,483	1,555
0.80	1,088	1,276	1,386	1,471	1,582	1,658
0.85	1,156	1,355	1,473	1,563	1,681	1,762
0.90	1,225	1,435	1,559	1,655	1,780	1,866
0.95	1,293	1,515	1,646	1,747	1,878	1,969
1.00	1,361	1,595	1,733	1,839	1,977	2,073
1.05	1,429	1,674	1,820	1,931	2,076	2,177
1.10	1,497	1,754	1,906	2,023	2,175	2,280
1.15	1,565	1,834	1,993	2,115	2,274	2,384
1.20	1,633	1,913	2,079	2,207	2,373	2,488

② 대상하우스의 안전도에 따른 안전 골조간격

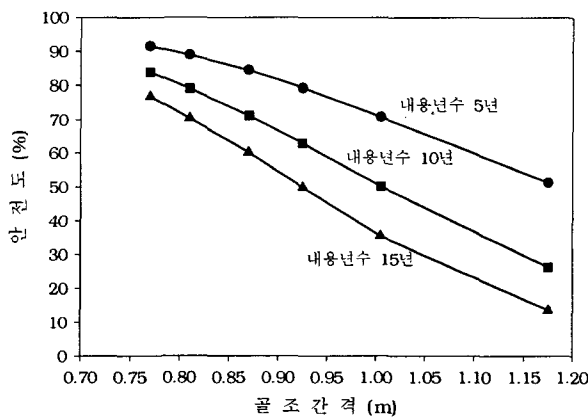


그림 11. 설하중에 대한 대상하우스의 안전도에 따른 안전 골조간격

참외재배용 플라스틱 하우스의 구조안전성을 검토한 결과, 대상하우스의 골조간격은 풍

그림 11은 설하중에 대한 대상하우스의 안전도에 따른 안전 골조간격을 도시한 것이다. 내용년수가 일정할 때 안전도를 증가시키면 안전 골조간격은 좁아지고 안전도를 감소시키면 안전 골조간격은 넓어진다. 이것은 재현기간이 안전도와 내용년수에 따라 결정되고 재현기간에 따라 설계풍속과 설계적설심이 결정되기 때문이다.

강풍이나 폭설로 인한 소형 플라스틱 하우스의 구조파손으로 인한 피해를 최대한 방지할 수 있는 설계 자료를 제시하기 위하여 성주지역의

하중과 설하중에 대해서 모두 안전한 것으로 분석되었다.

(5) 폭설 및 강풍에 대한 구조안전성

① 폭설 및 강풍에 대한 온실형태별 구조안전성

원예시설은 자중이 적은 경량구조물이므로 구조의 안전성은 강풍이나 적설 등의 기상하중에 지배받게 된다. 원예시설의 지붕형식은 여러가지가 있으나 가장 많이 이용되고 있는 형식은 지붕형과 아치형이다. 동일한 기상조건하에서도 지붕형식에 따라 최대 단면력의 크기 및 발생위치가 상이해지기 때문에 구조의 안전성이 달라진다. 외부하중으로 인하여 부재에 발생하는 단면력에는 축방향력, 전단력 및 휨모멘트가 있으며 대부분의 부재는 주로 휨모멘트에 의하여 단면이 결정된다. 단면이 일정할 때 부재에 발생하는 응력은 휨모멘트에 비례하므로 휨모멘트는 구조안전성을 판단하는 기준이 된다.

가. 지붕형식에 따른 구조안전성

원예시설의 지붕형식중 양지붕형과 아치형에 대하여 동일한 하중조건하에서 구조해석을 실시하여 시설물의 안전을 지배하는 최대휨모멘트의 크기를 비교한 결과는 표 8과 같다. 지붕형식에 따른 최대휨모멘트는 설하중과 풍하중에 대하여 모두 지붕형이 아치형보다 훨씬 더 크기 때문에 구조의 안전성을 고려할 때 아치형이 훨씬 더 유리하다. 또 연동수에 따른 최대휨모멘트는 아치형과 지붕형 모두 설하중 작용시에는 연동이 단동보다 더 크고 풍하중 작용시에는 단동이 연동보다 더 크기 때문에, 설하중에 대해서는 단동이 더 유리하고 풍하중 작용시에는 연동이 더 유리하다. 따라서 폭설이나 강풍으로 인하여 피해가 심한 지역에서 구조의 안전성을 고려할 때 폭설지역에는 단동, 강풍지역에는 연동이 바람직하다.

표 8. 지붕형식에 따른 하중별 최대휨모멘트의 비교

연동수	설하중 작용시		풍하중 작용시	
	양지붕형	아치형	양지붕형	아치형
단 동	11,910	2,227	23,310	8,318
2 연동	13,120	2,597	13,170	5,429
3 연동	13,490	2,651	11,310	6,104

나. 국내에 보급된 대표적인 온실의 구조안전성

원예시설은 연동수에 따라 건축비, 환경조절 효율, 작업능율, 토지이용율 등이 상이할 뿐만 아니라 폭설이나 강풍에 대한 구조의 안전성도 차이가 있다. 그림 12는 국내에 설치된 대표적인 플라스틱 온실(A형)에 대하여 연동수에 따른 안전적설심과 안전풍속을 분석한 결과로, 단동은 연동보다 바람에는 약하고 적설에는 강하지만, 연동온실의 경우에는 연동수의 증가에 따른 안전풍속과 안전적설심의 차이가 거의 없는 것으로 나타났

다. 연동온실의 안전풍속은 약 30m/sec이고 안전적설심은 약 20cm로 나타났다.

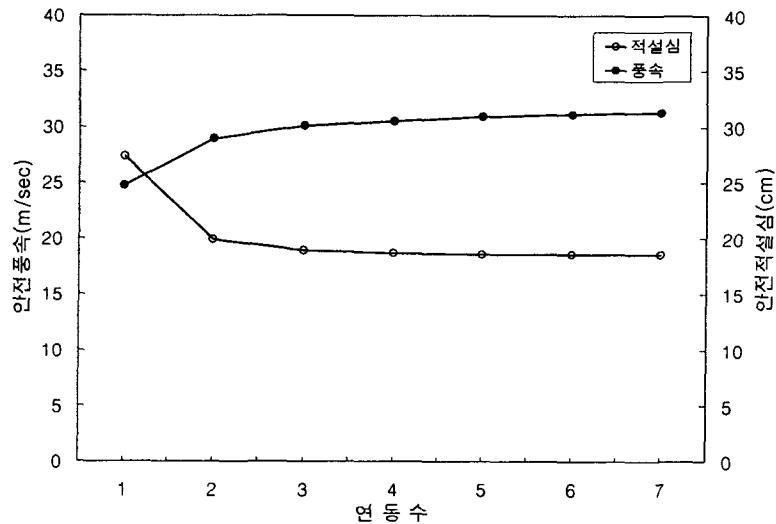


그림 12. 플라스틱 온실의 연동수에 따른 안전풍속 및 안전적설심

대형 플라스틱 온실에 대한 재현기간을 15년(내용년수 10년, 안전율 50%)으로 가정하면 국내의 60개 지역중에서 안전풍속이 30m/sec이상인 지역은 19개소이고 안전적설심이 약 20cm 이상인 지역은 37개소이다. 따라서 이 온실을 강풍이나 폭설지역에 설치할 경우에는 보강을 하거나 별도의 설계가 요망된다.

그림 13은 국내에 설치된 대표적인 철골유리 온실(B형)에 대하여 연동수에 따른 안전적설심과 안전풍속을 분석한 결과로, 플라스틱 온실과 마찬가지로 단동은 연동보다 바람에는 약하고 적설에는 강하지만, 연동온실의 경우에는 연동수의 증가에 따른 안전풍속과 안전적설심의 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

연동온실의 안전풍속은 약 100m/sec이고 안전적설심은 약 50cm로 나타났다. 대형 철골유리 온실에 대한 재현기간을 57년(내용년수 20년, 안전율 70%)으로 가정하면 국내의 60개 지역중에서 안전풍속이 50m/sec이상인 지역은 3개소(여수, 인천, 울릉도)이고 안전적설심이 약 100cm 이상인 지역은 4개소(강릉, 대관령, 속초, 울릉도)이다. 따라서 이 온실은 강풍이나 폭설에 대하여 구조안전성이 확보되어 있으나 다소 과잉설계된 경향이 있는 것으로 판단된다.

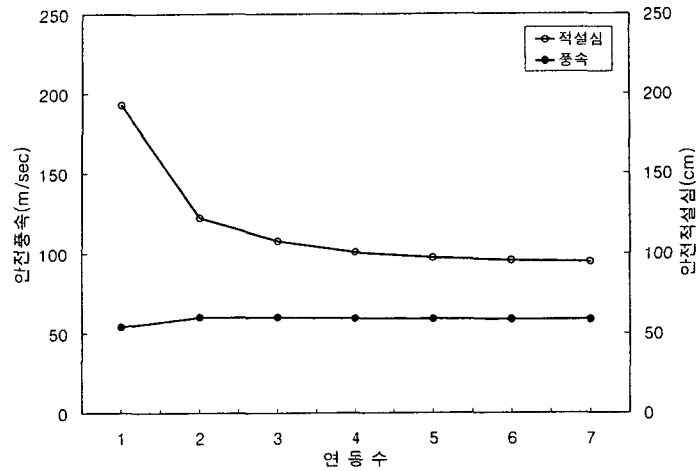


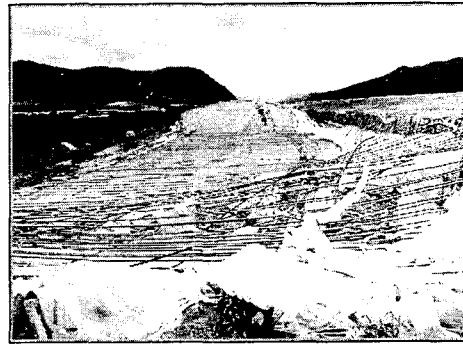
그림 13. 철골유리 온실의 연동수에 따른 안전풍속 및 안전적설심

② 원예시설의 폭설 및 강풍피해 양상

폭설이나 강풍으로 인한 온실의 피해양상은 시설의 일부가 파괴된 것으로부터 시설 전체가 파괴된 것까지 피해양상이 다양하며 그림 14와 같이 강풍으로 인한 파손양상은 폭설로 인한 파손양상보다 훨씬 더 복잡하다. 이는 시설에 작용하는 설하중은 연직하중임에 비하여 풍하중은 풍향에 따라 하중의 작용방향이 변화하고 항력과 양력을 동시에 발생시키기 때문이다.



(a) 폭설로 인한 파손 예



(b) 강풍으로 인한 파손 예

그림 14. 폭설 및 강풍으로 인한 원예시설의 파손 양상의 비교

가. 폭설피해 양상

원예시설의 폭설 피해양상은 그림 15와 같이 대부분이 주골조인 서까래의 파손이며 서까래의 중앙부가 휨모멘트에 의하여 만곡되어 파손되는 경우와 적설에 의한 편심하중의 작용으로 서까래의 만곡으로 인한 파손으로 구분할 수 있다. 이러한 서까래의 파손 원인은 재료의 휨응력이 적설로 인한 최대모멘트를 지탱하지 못하여 발생하는 것으로 서까래의 간격을 조정하여 파손을 방지할 수 있다.



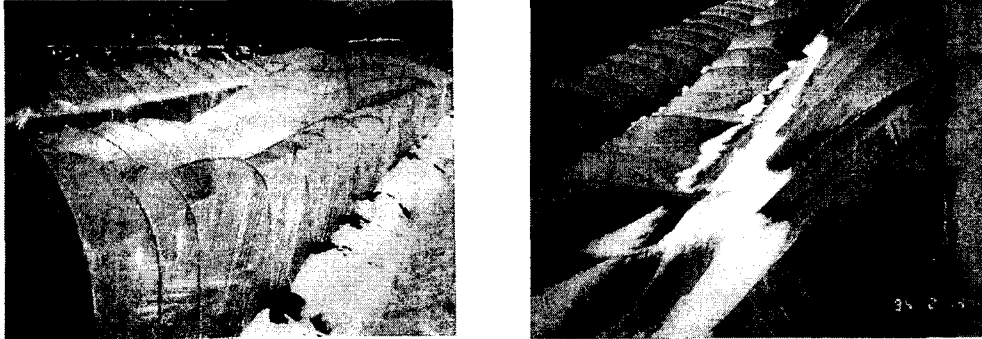


그림 15. 폭설로 인한 원예시설의 파손 예

나. 강풍피해 양상

원예시설의 강풍피해 양상은 그림 16과 같이 폭설피해 양상에 비하여 매우 다양하다. 표 9는 강풍으로 인한 원예시설의 파손 형태, 원인 및 대책을 요약한 것이다. 강풍으로 인한 피해형태는 피복재의 파열, 기초의 인발, 골조의 파손 또는 만곡, 결합부의 이탈 또는 파손으로 구분할 수 있고 기초, 골조 및 결합부의 일부파손은 대부분 전파로 진전되는 경우가 많다.

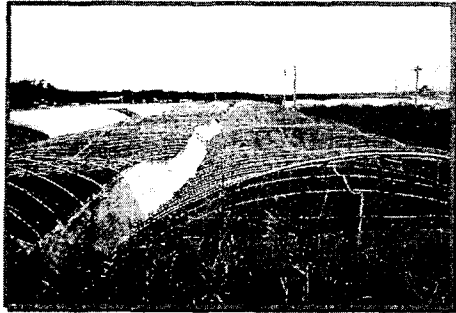
표 9. 강풍으로 인한 온실의 파손 형태, 원인 및 대책

파괴부위	파손형태	파괴원인	대 책
피복재	파열	피복재의 인장 강도 부족	인장강도가 강한 피복재의 사용 피복재의 손상부위 보수
기 초	기초노출후 쓰러짐 완전인발	기초단면 또는 토양점착력 부족	기초단면의 확대 배수철저
골 조	골조재의 파손 또는 만곡	골조재의 강도 부족	설계시 골조재의 안전성 확보 국부풍력 수압면의 보강
접합부	이탈 또는 파손	접합부의 강도 부족	설계시 접합부의 안전성 확보 정확한 시공

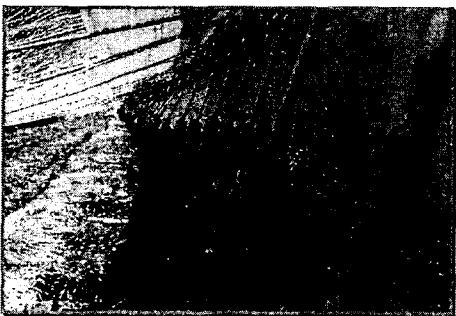
③ 원예시설의 강풍 및 폭설피해 경감 대책

강풍이나 폭설피해가 심각한 온실형태는 표준화가 되지 않은 소형의 비규격 플라스틱 하우스이며, 이러한 피해는 재배상의 문제가 아니고 구조의 파손으로 인한 피해이기 때문에 정확한 설계와 시공을 통하여 피해를 줄일 수 있음은 분명한 사실이다.

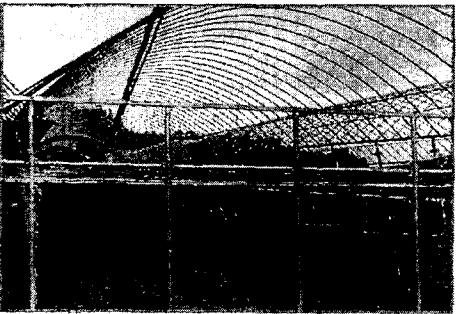
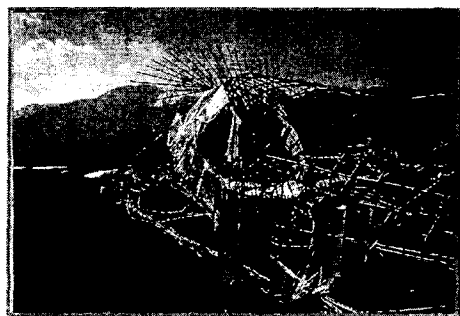
강풍이나 폭설로 인한 원예시설의 파손시 경제적으로나 정신적으로 가장 피해를 입는 사람은 시설경영자이지만 정부도 시설복구에 막대한 예산과 인력을 소모하게 된다. 더구나 이러한 피해는 거의 매년 반복되는 실정이므로 피해를 줄일 수 있는 대책이 반드시 강구되어야 한다. 원예시설의 강풍이나 폭설피해를 경감시키기 위한 대책은 설계 및 시공의 안전성 확보, 적절한 유지관리, 피해경감을 위한 효과적인 정책수립, 경영자의 인식전환 등 다양한 방법으로 접근해야 할 것으로 판단되며 주요대책은 다음과 같이 요약할 수 있다.



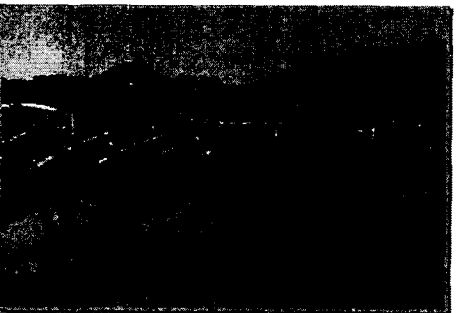
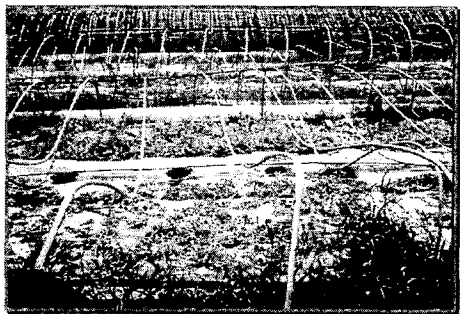
(a) 피복재의 파손 예



(b) 기초의 파손 예



(c) 골조의 파손 예



(d) 접합부의 파손 예



그림 16. 강풍으로 인한 원예시설의 파손 예

가. 설계 및 시공과정에서 강풍이나 폭설에 대한 안전성을 확보해야 한다.

가) 강풍이나 폭설로 인한 피해가 극심한 온실형태는 표준화가 되지 않은 비규격의 소형 플라스틱 하우스이며 주요 피해원인은 조잡하거나 부정확한 설계나 시공이 부실하기 때문이다. 이러한 재해는 재배상의 문제가 아니고 구조의 파손으로 인한 피해이기 때문에 정확한 설계와 시공을 통하여 분명히 피해를 줄일 수 있다. 따라서 비규격의 소형하우스도 정확한 설계를 실시하여 구조의 안전성을 검토해야 하며 시공의 안전성을 확보해야 한다.

나) 강풍이나 폭설로 인한 원예시설 구조의 피해양상은 서까래의 만곡, 피복재의 파열, 기초의 노출 또는 인발, 골조재의 파손 또는 만곡, 접합부의 이탈 또는 파손 등으로 구분할 수 있다. 따라서 설계시 골조재의 휨강도, 피복재의 인장강도, 기초단면의 적정성, 골조재의 소요강도, 접합부의 강도 등을 충분히 검토해야 한다.

다) 온실 건축시 설치장소의 지반조사를 반드시 실시하고 기초의 안전성을 검토해야 한다.

라) 풍하중과 설하중에 대한 온실의 구조안전성을 분석한 결과, 설하중과 풍하중에 대한 지붕형식별 구조안전성은 아치형이 지붕형보다 훨씬 더 유리하고, 설하중에 대해서는 단동이 더 유리하고 풍하중에 대해서는 연동이 더 유리하다. 따라서 폭설이나 강풍으로 인하여 피해가 심한 지역에서 구조의 안전성을 고려할 때 폭설지역에는 단동온실이 유리하고 강풍지역에는 연동온실이 유리하다.

나. 강풍이나 폭설 피해경감을 위한 효과적인 유지관리 요령을 숙지해야 한다.

가) 피복재가 일부 파손된 경우에 파손부위를 통하여 유입된 바람은 시설의 부상력을 증대시키므로 피복재의 파손부위를 즉시 보수해야 한다.

나) 폭우를 동반한 태풍인 경우에 배수가 불량하면 기초지반이 연약해지므로 시설 주변에 기초보다 낮게 배수로를 설치하여 기초의 침수를 방지해야 한다.

다) 강풍으로 접합부가 먼저 파손되고 이로 인하여 시설 전체가 파괴되는 경우가 많기 때문에 평상시에 접합부를 점검하고 보수해야 한다.

라) 강도가 높은 태풍이 예상될 경우에 플라스틱 필름 피복온실은 필름을 제거하여 골조를 보호하는 방법을 강구할 수 있다.

마) 강풍으로 인한 비산물은 피복재를 파손시키게 되므로 온실주변의 비산물을 제거해야 한다.

바) 강풍피해 가능성이 높은 지역은 방풍림이나 방풍망 등 항구적인 방풍시설을 설치하는 것이 바람직하다.

다. 강풍이나 폭설 피해경감을 위한 효과적인 정책수립이 요망된다.

가) 설계와 시공이 부실한 표준화가 되지 않은 비규격의 소형 플라스틱 하우스의 구조안전기준을 마련하고 농가보급형 소형 플라스틱 하우스의 모델을 개발하여 보급해야 한다.

나) 기상재해로 인한 원예시설의 파손시 피해보상 대상시설을 공인된 기관이 설계하고 온실면허업체가 시공한 온실로서 구조안전성이 검증된 온실로 국한함으로써 구조안전성이 확보되지 않은 조잡한 시설의 설치를 억제해야 한다.

다) 기상재해로 인한 원예시설의 피해를 줄이기 위하여 설계, 시공 및 사용자재의 중요성, 구조안전성 검토의 필요성, 시설의 경제성, 피해시설의 보수에 소요되는 경비, 재배작물의 피해, 피해보상을 받을 수 있는 대상시설 등에 관한 교육과 홍보를 적극적으로 실시해야 한다.

라. 강풍이나 폭설 피해경감을 위한 경영자의 의지가 확고해야 한다.

가) 시설 경영자가 정상적인 설계와 구조안전성의 검토가 필요하다는 과학적인 사고를 해야 한다.

나) 건축비를 줄이기 위한 근시안적인 사고는 불량자재를 선택하거나 불성실한 시공을 초래하여 시설의 파손을 유발하게 되므로 사고의 전환이 요청된다.

### 3) 설계서의 신뢰성

국내에 보급되어 있는 온실은 사용자재나 규모에 따라 대형 철골 또는 파이프 온실과 소형 파이프하우스로 구분할 수 있다. 전자는 정부가 설계한 농가보급형이거나 공인된 기관이나 업체가 설계하기 때문에 구조해석을 통하여 구조안전성을 확보하기 때문에 설계의 신뢰성을 대체로 높게 평가할 수 있다. 그러나 후자는 관행설계에 따르는 경우가 대부분이므로 구조안전성을 확보를 위한 구조해석을 실시하지 않은 경우가 대부분이므로 설계의 신뢰성이 의심스럽다. 따라서 원예시설의 구조안전성을 확보하기 위해서는 어떤 설계과정을 거치더라도 구조해석을 반드시 실시하여 구조안전성에 대한 설계서의 신뢰성을 높여야 한다.

## 2. 사용자재 및 시공의 신뢰성

### 1) 사용자재의 신뢰성

원예시설용 구조재는 아연도강관, 일반 형강재 및 알루미늄 합금재로 대별할 수 있으며, 생산업체는 공업진흥청에 등록된 업체와 미등록업체가 있다. 국내에 건축된 원예시설용 구조재의 신뢰성을 검토하기 위하여 농가에 건축된 국내산 및 외국산 온실의 주골조재로 사용된 자재를 종류별로 현장에서 수집하여 KS규정에 의하여 화학성분을 분석하고 강도시험을 실시한 결과중에서 구조안전성과 관련된 아연도 강관, 일반 형강재 및 알루미늄재의 물리적 성질을 분석한 내용을 요약하면 표 10~표 12와 같다. 표에서 보는 바와 같이 생산업체나 시료의 종류에 따라 각 종 물리적 성질의 편차가 상당히 있음을 알 수 있다. 따라서 일반적으로 공인된 업체에서 생산된 규격자재를 사용하는 것이 구조안전성을 확보하는데 유리하다.

표 10. 비닐하우스용 아연도 강관의 물리적 성질

시 편 명		인장강도 (N/mm <sup>2</sup> )	항복내력 (N/mm <sup>2</sup> )	연신율 (%)	편평시험	굽힘시험
우 등 체	A-1	456	299	28.00	No crack	No crack
	A-2	457	301	23.40	No crack	No crack
	B-1	415	324	26.00	No crack	No crack
	B-2	414	319	26.40	No crack	No crack
미 등 체	C-1	546	364	28.90	No crack	No crack
	C-2	570	371	22.30	No crack	No crack
	D-1	410	292	21.00	No crack	No crack
	D-2	412	287	23.80	No crack	No crack

표 11. 원예시설 구조용 일반 형강재의 물리적 성질

시 편 명		인 장 강 도 (N/mm <sup>2</sup> )	내 구 력 (N/mm <sup>2</sup> )	연 신 율 (%)
VL-A-1	1	445	290	38.00
	2	445	295	36.60
VL-A-2	1	425	380	28.00
	2	425	386	26.20
VL-A-3	1	474	407	26.50
	2	469	397	24.00
VL-B-1	1	395	357	28.80
	2	414	385	23.00
VL-B-2	1	412	348	29.80
	2	410	327	30.00
평 균		431	357	29.10
WS-A-1	1	419	357	23.60
	2	450	410	20.00
WS-A-2	1	432	329	26.00
	2	428	363	25.80
WS-A-3	1	459	435	24.00
	2	478	416	23.00
평 균		444	385	23.70
KO-A-1	1	282	209	48.00
	2	283	207	45.00
KO-A-2	1	337	110	39.80
	2	342	83	41.00
KO-A-3	1	350	286	41.00
	2	350	192	36.40
KO-B-1	1	495	387	22.00
	2	496	387	22.00
KO-B-2	1	486	374	31.00
평 균		342	224	32.60

표 12. 온실용 알루미늄재의 물리적 성질

시 편 명		인 장 강 도 (N/mm <sup>2</sup> )	내 구 력 (N/mm <sup>2</sup> )	연 신 율 (%)
VL-A-1	1	257	235	9.80
VL-A-2	1	258	130	10.40
VL-B-1	1	251	229	11.00
평 균		255	198	10.4
WS-A-1	1	240	214	11.00
	2	243	218	10.00
WS-A-2	1	220	192	10.20
WS-A-3	1	247	219	7.00
평 균		238	211	9.6
KO-A-1	1	154	121	9.80
	2	161	93	5.80
KO-A-2	1	177	127	9.40
	2	176	110	9.80
KO-B-1	1	243	216	9.00
	2	237	163	10.00
KO-B-2	1	257	208	10.00
	2	258	223	10.00
KO-B-3	1	230	168	13.80
	2	230	203	10.20
KO-C-1	1	216	177	7.00
평 균		213	164	9.5

2) 시공의 신뢰성

국내 온실 시공업체의 시공능력, 시공실적 및 수주실적은 큰 차이가 있고 업체의 수도 온실건축 물량의 공급상황에 따라 많은 차이가 있어 온실 시공업체를 둘러싼 체반 여건이 불안한 상태이다. 따라서 등록업체가 시공한 경우라 하더라도 시공의 신뢰성이 만족스러워지는 못한 실정이다. 더구나 강풍이나 폭설로 인한 피해가 극심한 온실은 비규격의 소형 플라스틱 하우스이며 이런 형태의 온실은 대부분 시공업체가 시공한 경우보다는 시공주나 미자격 시공자가 시공한 경우가 많아 시공의 신뢰성에 문제가 더욱

심각하다. 따라서 비규격의 소형하우스도 정확한 설계를 바탕으로 시공의 신뢰성을 확보할 수 있도록 해야 한다.

### 3. 유지·관리의 적절성

원예시설의 유지관리는 구조의 내구성 및 안전성에 영향을 미친다. 온실의 구조는 기초, 골조 및 피복재로 구성되어 있고 온실의 역학적인 안전성과 직결되는 요소들인 동시에 일부파손이 전파의 원인이 되는 경우가 많기 때문에 세심한 점검이 요청된다.

#### 1) 기초 및 지반의 유지·관리

온실의 기초는 주로 독립기초나 줄기초로 되어 있으며, 기초의 손상, 지반의 침하 등으로 인하여 온실구조의 안전성에 치명적인 영향을 미친다.

- ① 연약지반이나 경사지반, 이질지층 등은 부동침하의 우려가 있으므로 수시로 기초 콘크리트의 균열이나 침하의 가능성을 점검하고 보수해야 한다.
- ② 기초자체나 유리에 균열이 발견될 경우에는 전문가에게 의뢰하여 침하의 원인과 정도를 파악하여 적절한 조치를 취해야 한다.
- ③ 기초주변은 항상 배수가 양호해야 하며, 기초깊이가 감소된 경우에는 즉시 보강해야 한다. 집중호우를 동반한 태풍시에는 침수로 인하여 기초지반의 지내력이 급격히 감소하여 기초가 인발되는 경우가 많으므로 특히 유의해야 한다.
- ④ 집중호우나 폭설, 지진 직후에는 세밀한 점검을 실시해야 한다.
- ⑤ 경운 등의 작업시 기초가 파손되지 않도록 주의해야 한다.

#### 2) 골조의 유지·관리

골조는 대부분 철재 파이프나 각관으로 되어 있으며, 온실구조의 안전성과 직결될 뿐만 아니라 유리온실의 경우에는 골조의 변형으로 인하여 유리가 파손되는 실례가 많다.

- ① 부재에 외형상의 변형이 발생하면 응급조치를 취한후 전문가에게 자문을 받은 후 변형의 원인을 분석하여 즉시 보강해야 한다.
- ② 추가로 시설물을 설치할 경우에는 국부변형이 발생하지 않도록 구조 검토후 기존 부재에 열을 가하거나 피복이 손상되지 않도록 시공해야 한다.
- ③ 주각, 창틀, 등 녹이 발생하기 쉬운 부분은 수시로 점검하고 녹이 발생한 경우에는 쇠브러쉬로 녹을 깨끗이 제거한 후 아연성분이 포함된 도료로 수차례 재도장해야 한다.
- ④ 구동부와 연결된 골조의 결합부는 볼트풀림 현상이 발생하기 쉬우므로 주기적으로 점검하고 즉시 보강해야 한다.
- ⑤ 수평, 수직 브래싱 부분은 주요구조재임으로 태풍이나 폭설이 예상될 경우에는 반드시 점검하고 필요시 보수해야 한다.
- ⑥ 연동에서 곡부의 구조부재로 겸용하고 있는 물받이는 충분한 결합과 방청을 유지



해야 한다.

### 3) 피복재의 유지·관리

피복재는 유리, PC, PET, 비닐이 주로 사용되고 있으며, 피복재를 통한 광투과는 작물재배에 가장 중요한 요인일 뿐만 아니라 겨울철의 난방에너지 소요량과 직결된다.

- ① 피복재의 부분적인 파손은 피복재 전체나 구조체의 파손을 야기시킬 수 있으며 겨울철의 열손실량을 증대시키므로 정기적으로 점검하고 파손부위는 즉시 보수해야 한다.
- ② 피복재는 사용기간중 먼지나 오물에 의하여 투광성이 떨어지므로 세척기나 호스를 이용하여 가능한 한 청결을 유지해야 한다.
- ③ 강재의 녹슨부분이 피복재에 접촉하지 않도록 주의해야 한다.
- ④ 경질필름은 파손이 확대되기 쉬우므로 테이프를 이용하여 응급수리를 해야 한다.

### 4) 강풍피해 경감을 위한 유지·관리

강풍은 원예시설의 구조체를 파손시키는 직접적인 피해를 줄 뿐만 아니라 피복재의 파손을 야기시켜 바람이 시설내부로 유입되어 시설내부의 압력이 높아지게 되어 피복재의 비산이나 시설이 부상하는 원인이 되고 기초가 인발된다. 강풍으로 인한 온실의 파손은 그 피해정도가 극심하므로 유지관리에 유의해야 한다.

- ① 피복재가 훼손되었거나 창문의 밀폐정도가 나쁠 경우 강풍이나 폭우가 오기 전에 조속히 보수해야 한다.
- ② 강풍시에는 천창이나 측창 등 환기창 및 출입구 등 개구부의 고정상태를 사전에 점검해야 한다.
- ③ 시설주위에 물건들이 비산하여 시설물에 충돌하거나 강타하는 등의 피해를 입힐 수 있으므로 청소하여 제거한다.
- ④ 강풍 직후에는 피복재의 파손, 내부의 설비, 창문의 개폐장치 및 구조체의 볼트 고정 등을 점검하고 신속하게 점검 및 보수한다.
- ⑤ 강풍시 비닐하우스는 파손되거나 밀폐도가 떨어지므로 온실내부의 압력이 쉽게 높아져 시설이 부상할 우려가 있으므로 온실을 밀폐시키고 환기팬을 가동시켜 부상력을 감소시켜야 한다. 이때 환기팬은 바람이 부는 반대 방향에 설치된 것을 가동시켜야 한다.
- ⑥ 지형적으로 강풍의 피해가 심하고 상습적인 지역은 방풍벽을 설치해야 한다.
- ⑦ 연질필름의 경우 강풍 또는 적설시 모든 수단과 방법을 동원해도 재해를 피할 수 없다고 판단될 때는 피복재를 제거하여 골재의 파손만이라도 막을 수 있도록 해야 한다.

## 5) 폭설피해 경감을 위한 유지·관리

폭설로 인한 온실의 파손은 과도한 적설하중, 바람에 의한 편심 적설하중의 발생, 쌓인 눈에 의한 벽체에 축압발생, 연동온실의 곡부에 발생하는 과대설하중 등에 기인된다.

- ① 지붕위의 적설은 온실내부의 열이나 일사 등에 의하여 자연낙하하지만, 지붕을 통한 광투과량을 증대시키기 위하여 가능한 한 빨리 제거해야 한다.
- ② 가온 온실에서는 강설과 동시에 내부커튼을 열어 지붕면의 온도를 높여 눈의 자연낙하를 촉진시킨다.
- ③ 무가온 온실에서는 시설내를 밀폐하여 일사에 의하여 실온을 상승시킴으로서 눈이 미끄러져 흘러내리는 것을 촉진시키는 것이 좋다.
- ④ 연질필름으로 피복된 온실인 경우 피복재의 신장으로 눈의 활락이 안될 경우에는 조속히 기구를 이용하여 눈을 제거해야 한다.
- ⑤ 일조가 불량하거나 바람이 심한 경우에는 지붕의 풍하중이나 연동온실의 곡부에 적설이 편중되지 않도록 조속히 제설해야 한다.
- ⑥ 지붕 피복재의 표면에 눈의 활락을 방해하는 돌출부가 없도록 한다.
- ⑦ 한랭지에서는 유리의 중첩부분에 융설수가 침입하여 유리가 동결 파손되는 일이 없도록 주의하고 시설내의 기온을 조절해야 한다.
- ⑧ 지붕으로부터 활락된 눈이 처마밑에 쌓이게 되면 측벽에 횡압으로 작용하게 되므로 적절한 제설기계를 사용하여 부지외로 눈을 운반해야 한다.
- ⑨ 지하수나 온수를 이용하여 눈을 녹이는 경우에는 수질에 따라서는 피복재가 오염되어 광투과율을 저하시킬 우려가 있으므로 충분한 주의가 필요하다.

## 6) 화재 안전관리

온실은 연질이나 경질의 피복재가 가연성이고 시설내에 다량의 난방용 연료를 저장하고 있으며 화재로 인한 순간적인 열기로 재배작물은 치명적인 피해를 입게 된다.

- ① 시설에 사용하는 난방설비의 열원은 화기가 노출되지 않도록 하고 보일러실, 관리실, 작업실 및 저장실 등에는 소방설비를 구비해야 한다.
- ② 대형보일러실이나 관리동은 화재로 인한 인명과 재산피해가 심각하므로 화재 감지기와 수신기를 설치해야 한다.
- ③ 분말소화기는 화기를 취급하는 장소에 반드시 비치하여야 하며, 1년에 1회이상 점검 및 충전을 하여, 화재발생시 사용에 지장이 없도록 해야 한다.
- ④ 인접 온실의 화재로부터 피해를 입을 수 있으므로 상호 조심해야 하고 충분한 거리를 유지하는 것이 바람직하다.

### Ⅲ. 결 론

원예시설의 구조안전성은 구조설계의 적정성, 사용자재 및 시공의 신뢰성, 유지·관리의 적절성 등에 의하여 결정되므로 각 단계에서 면밀하게 검토하면 설계하중 범위내에서 충분한 안전성을 확보할 수 있다. 그러나 구조안전성이 지나치게 강조되면 과잉설계가 되어 자재의 낭비를 초래하고 안전성이 확보되지 않으면 강풍이나 폭설시 파손으로 인한 막대한 피해를 입게 된다. 국내 원예시설의 구조안전성에 대한 문제점과 개선방안에 관한 의견을 다음과 같이 제시한다.

1. 국내에서 온실의 구조설계에 적용되는 온실구조설계기준 및 해설(개정기준, 농림부·농어촌진흥공사, 1999)은 온실의 특수성을 충분히 고려하지 않고 대부분 일반 건축물의 설계기준을 적용하고 있다. 따라서 적용온실의 범위, 설계하중의 재현기간, 연동온실 곡부의 설하중, 풍력계수의 적용 등에 관하여 개선해야 할 필요가 있다.
2. 국내에 보급되어 있는 대표적인 온실 형태의 안전풍속과 안전적설심은 부재별로 상당한 차이가 있어 안전성을 기준으로 판단할 때 설계의 최적화가 미흡하다. 따라서 모든 부재의 안전풍속과 안전적설심을 온실 설치지역의 설계용 안전풍속과 안전적설심에 근접하게 설계할 수 있는 설계기법을 개발함으로써 어느 정도의 자재 절감을 도모할 수 있으리라 판단된다.
3. 강풍이나 폭설 피해가 극심한 온실형태인 소형의 비규격 하우스에 적용할 수 있는 구조설계기준을 별도로 마련하여 시설면적이 99%정도 차지하는 소형하우스의 구조안전성을 확보해야 한다.
4. 성주지역의 참외재배용 플라스틱 하우스에 대한 구조안전성을 검토한 결과를 소개하여 소형 플라스틱 하우스의 안전 골조간격 산정방법을 제시하였다.
5. 설하중과 풍하중에 대한 구조안전성은 아치형이 지붕정보다 유리하고, 연동은 단동에 비하여 풍하중에는 유리하고 설하중에는 불리하므로 폭설지역에는 단동, 강풍지역에는 연동이 바람직하다. 또 연동온실에서 연동수의 증가에 따른 안전풍속과 안전적설심은 거의 유사하다.
6. 국내에 설치된 대표적인 플라스틱 온실(A형)과 철골유리 온실(B형)에 대하여 구조안전성을 분석한 결과, 플라스틱 온실은 풍하중과 설하중에 대한 구조안전성이 다소 미흡하여 강풍이나 폭설지역에 설치할 경우에는 보강을 하거나 별도의 설계가 요망되고, 철골유리 온실은 강풍이나 폭설에 대하여 구조안전성이 확보되어 있으나 다소 과잉설계된 경향이 있다.
7. 원예시설의 폭설 피해양상은 대부분이 주골조인 서까래의 파손 또는 만곡이고 강풍 피해 양상은 피복재의 파열, 기초의 인발, 골조의 파손 또는 만곡, 결합부의 이탈 또는 파손 등으로 다양하며 피복재의 인장강도, 기초단면 또는 토양점착력, 골조재와 결합부의 강도가 부족하여 발생한다.
8. 원예시설의 강풍 및 폭설피해는 설계 및 시공과정에서 구조안전성의 확보, 효과적인 유지·관리, 적절한 정책의 수립, 경영자의 의지 등이 수반되면 분명히 경감시킬 수 있다.

9. 모든 원예시설의 설계서는 반드시 구조해석을 실시하여 구조안전성에 대한 설계서의 신뢰성을 높여야 한다.
10. 원예시설의 구조재는 생산업체에 따라 물리적 성질의 편차가 상당히 있으므로 공인된 업체에서 생산된 규격자재를 사용하여 구조안전성을 확보하는 것이 바람직하다. 또한 비규격의 소형하우스도 관행적인 설계와 시공을 지양하여 정확한 설계를 바탕으로 시공의 신뢰성을 확보해야 한다.
11. 원예시설의 유지관리는 구조의 내구성 및 안전성에 영향을 미치므로 구조안전성과 직결되는 기초, 골조 및 피복재 등을 세심하게 점검해야 하고, 특히 강풍이나 폭설 시 피해경감을 위한 유지·관리요령을 숙지하고 화재에 대한 안전관리도 관심을 가져야 한다.

#### ■ 참고문헌

1. 남상운, 2001, 파이프 골조온실의 조립 연결구 내력시험, 한국농공학회지 43권 6호, pp.113-119.
2. 남상운, 2001, 파이프 골조온실 구조물의 표준내용연수 연구, 한국농공학회지 43권 1호, pp.96-101.
3. 남상운, 유인호, 2000, 파이프 골조온실의 구조 및 유지관리실태 조사분석, 한국농공학회지 42권 호, pp.106-114.
4. 농림부·농어촌진흥공사, 1999, 온실구조설계기준 및 해설.
5. 농림수산부·농어촌진흥공사, 1995, 온실구조설계기준.
6. 대한건축학회, 1983, 강구조 계산규준 및 해설.
7. 대한건축학회 철골구조 위원회, 1986, 강구조설계규준 및 해설(AISC 1986).
8. 윤용철 외, 2001, 파이프 골조온실의 민말뚝과 주름말뚝의 인발저항력, 한국생물환경조절학회지 10권 3호, pp. 148-154.
9. 이석건 외, 1995, 원예시설의 구조안전기준 작성, 농어촌진흥공사.
10. 이석건, 2001, 원예시설의 강풍피해양상과 구조안전 대책, 원예과학기술지 19권, pp. 623-628.
11. 이석건, 이현우, 1995, 경북지방 파이프하우스의 안전골조간격에 관한 연구, 생물생산시설환경 4권 2호, pp. 195-202.
12. 전경배·최찬환, 1992, 건축법규 해설-건축물의 구조기준 등에 관한 규칙, 세진사, pp. 1-325-1-399.
13. 日本施設園藝協會, 1997, 園藝用施設安全構造基準.
14. 日本施設園藝協會, 1988, 地中押しみ式パイプハウス安全構造指針.
15. 日本施設園藝協會, 1990, 園藝用鐵骨補強パイプハウス安全構造指針.
16. 日本施設園藝協會, 1986, 溫室(ガラス室・ハウス)保守管理手引.
17. NGMA, 1975, Greenhouse Construction Standards-Structural Load Standard-.
18. NGMA, 1988, Design Loads in Greenhouse Structures.
19. NGSI, 1978, Greenhouse Structural Requirements(NEN 3859).