

파이프 골조 온실의 구조 및 유지관리실태 조사분석

A Field Survey on the Structures and Maintenance Status of Pipe Framed Greenhouses

남 상 운* · 유 인 호**
Nam, Sang Woon · Yu, In Ho

Abstract

An investigation was conducted to get the basic data for establishing maintenance strategy of pipe framed greenhouses. The contents of the investigation consisted of actual state of structures, maintenance status, meteorological disaster, and corrosion characteristics of pipe framework in greenhouses. The number of greenhouses investigated was 108 in total. Most multi-span greenhouses had narrower width and lower height than the standard 1-2W greenhouse, and most of single-span greenhouses were tunnel type. In multi-span greenhouses, the size and interval of frameworks such as rafter, purline, column, and cross beam were mostly suitable, but frameworks of single-span greenhouses were mostly insufficient. After about 7 years in grounds, 8 years in joints, 10 years in bending parts, and 13 years in columns, pipe surface was mostly rusted. Most weak parts in corrosion were pipes in contact with the ground, joints, roll-up shaft pipes, and pipes close to the gutter. Almost all of the greenhouse farmers didn't pay any attention to maintenance affair in a regular interval for pipe framed greenhouses. Many greenhouses have experienced the meteorological disaster such as uplift of foundation, partial or complete failure by the typhoon and/or high winds.

I. 서 론

우리나라 시설원예 부문의 생산액은 전체 농업 생산액의 10.2%를 차지하고 있으며, 1997년 말 현재 전국의 원예시설 설치면적은 47,246ha이다. 이 중 유리온실이 307ha(0.6%), 철골 경질판 온실이 65ha(0.1%)이고, 비닐하우스가 46,892ha(99.3%)로

서 파이프 골조 온실이 대부분을 차지하고 있다 (장, 1999). 1999년 정부지원사업의 온실 건축비는 유리온실이 50만원/평, 철골 경질판 온실이 31만원/평, 자동화 비닐온실이 12만 3천원/평으로 파이프 골조 온실의 설치비는 상대적으로 저렴한 편이고, 비교적 견고하고 보온과 통풍성이 양호하며 가격에 비하여 우수한 성능이 인정되어 수출이 증

* 충남대학교 농과대학
** 서울대학교 대학원

키워드 : 파이프 골조 온실, 유지관리, 구조실태, 부식특성

대되고 있는 등 많은 장점을 가지고 있다(농림부, 1999).

이와 같이 국내에 보급된 온실 중 대부분을 차지하고 있는 파이프 골조 온실은 많은 장점을 가지고 있는 시설임에도 불구하고 정부지원사업이나 상당수의 연구개발사업들이 첨단화된 유리온실을 중심으로 이루어지고 있기 때문에 비닐하우스는 상대적으로 낙후되고 있는 실정이다. 따라서 파이프 골조 온실의 환경조절 기능 개선이나 새로운 모델의 개발, 시설물 관리, 보수·보강 기술 개발 및 효율적인 유지관리를 위한 연구가 절실히 요구된다.

온실 설치 공사비 중 골조 공사비가 차지하는 비중은 유리온실이 6.5%, 철골 경질판 온실이 17.5%인데 비하여 파이프 골조 온실은 43.1%로 높으며, 1998년도 원예시설의 파이프 골조자재 물동량은 2,540억원이나 된다(한국농자재산업협회, 1999). 파이프 골조 온실 구조물의 유지관리 체계가 확립되어 시설의 표준 내용년수를 1년만 연장하여도 국가적으로 막대한 시설설치비용을 절감할 수 있을 것으로 예상되므로 적절한 유지관리 기술의 개발은 더욱 절실하다.

국내에서는 1990년대 초반 온실의 구조안전 및 구조설계 기준 설정, 자재의 규격화 및 표준화에 관한 연구가 일부 수행된 바 있으나(김 등, 1992, 1994, 1995; 이 등, 1995), 파이프 골조의 온실은 구조물로서의 공학적 설계나 유지관리에 대한 관심이 부족하여 시설의 구조역학적인 연구가 거의 이루어지고 있지 않은 실정이다. 그러나 파이프 골조의 온실 구조는 강풍이나 적설 등으로 인한 파손으로 막대한 경제적 손실을 입으며, 이러한 피해는 환경조절 및 자동화 설비의 설치에 직접적인 영향을 주는 중요한 요인이므로 시설의 구조역학적인 연구는 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 파이프 골조 온실의 유지관리체계 설정에 필요한 기초자료 제공을 위해 국내에 보급된 파이프 골조 온실의 구조특징과 농가의 유지관리실태 및 자연재해에 의한 피해 사례

를 조사 분석하였다. 또한 파이프 온실 구조물의 주요 골조 부위별로 부식 특성을 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 조사대상지역 및 조사방법

파이프 골조 온실의 구조실태와 부식특성 및 유지관리실태를 파악하기 위해서는 전국을 대표할 수 있는 지역에 대한 조사가 필요하다. 그러나 전국을 대상으로 한 조사자료의 수집은 현실적으로 어렵기 때문에, 본 연구에서는 지역특성을 고려하여 내륙산간지역, 해안지역 및 평야지역으로 구분하여 내륙산간지역은 충주, 음성, 이천 지역, 해안지역은 서산, 홍성, 보령 지역, 평야지역은 논산, 공주, 연기 지역을 선정하고 2000년 1월~2월에 시설농가를 직접 방문하여 상담 및 실측 조사를 실시하였다.

조사는 표본조사 방법을 택하였고, 표본의 크기는 1995년 농업총조사 자료를 이용하여 95%의 신뢰수준에서 결정하였다. 비닐하우스 재배 농가 134,844호(농림부, 1997)를 모집단으로 취할 때 90% 이상의 정확도를 얻기 위해서는 96 농가 이상의 표본을 조사하여야 한다. 표본선정은 해당지역을 지나는 간선도로를 중심으로 형성된 시설원에 단지에서 1농가씩 무작위로 추출하였으며, 각 지역별 36 농가씩 총 108 농가를 조사하였다.

2. 조사내용 및 분석방법

파이프 온실의 구조실태, 유지관리실태, 주요 부식위치, 골조 부위별 부식정도, 온실 구조물의 파손형태와 보수·보강 실태 및 태풍, 폭설 피해사례 등에 대한 세부 조사내용은 다음과 같다:

- 대상온실 : 건축후 3년 이상 경과된 온실만 대상으로 함
- 설치방식(이동식, 고정식, 동형태), 설치장소(논, 밭) 및 설치년도
- 온실치수 : 폭, 길이, 연동수, 지붕높이, 처마

높이

- 골조규격 : 서까래, 기둥, 중방 및 도리용 부재의 직경, 두께, 설치간격
- 기초상태 : 서까래 및 기둥의 기초 설치유무, 매설깊이
- 부식위치 및 부식정도 : 기초, 기둥, 서까래, 휨가공 및 연결 부위별 부식정도(표면의 부식정도를 관찰하여 전혀 녹슬지 않음, 녹은 없고 변색만 됨, 약간의 녹 발견, 1/2 정도 녹슬음, 2/3 정도 녹슬음, 완전히 녹슬음 등의 6 단계로 구분함)
- 유지관리 및 보수·보강 실태 : 피복재, 골조, 연결구 및 기초에 대하여 유지관리를 위한 점검 주기, 보수·보강 횟수 및 작업 내용, 교체 횟수 및 주기 등
- 태풍, 폭설, 홍수 등 자연재해 피해사례 : 재해 횟수, 파손정도, 파손형태 등

수집된 자료는 EXCEL의 피벗 테이블을 이용하여 정리하였고, 구조실태는 농가보급형 자동화 온실 및 기존의 구조해석 결과(김 등, 1992 ; 이 등, 1995 ; 이 등, 1998)와 비교 검토하였으며, 시설의 경과연수 별로 부식특성을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 파이프 골조 온실의 구조실태 조사 결과

가. 설치방식 및 설치위치

온실의 설치방식을 동형태(단동과 연동), 이동식과 고정식으로 구분하여 조사하였으나 평야지역의 일부 단동 온실을 제외하고는 이동식을 거의 발견할 수 없었으므로 이동식과 고정식의 구별은 하지 않고 분석하였다. 파이프 골조 온실의 동형태 및 설치위치는 Table 1과 같고, 대체적으로 단동이 연동에 비하여 조금 많았으며 평야지역에서는 단동 온실이 월등히 많이 나타나고 있는데 이는 이동식이 비교적 많이 분포하기 때문으로 판단된다. 한편, 평야지역에는 거의 눈에 설치되어 있었으나 내륙 및 해안지역은 밭에 설치된 비율이

높았다.

Table 1. Type and location of greenhouses

(unit : farms(%))

	Span type	Location		Total
		Paddy field	Dry field	
Inland area	Single	8(38.1)	13(61.9)	21(100)
	Multiple	7(46.7)	8(53.3)	15(100)
	Total	15(41.7)	21(58.3)	36(100)
Seaside area	Single	6(31.6)	13(68.4)	19(100)
	Multiple	9(52.9)	8(47.1)	17(100)
	Total	15(41.7)	21(58.3)	36(100)
Plain area	Single	20(87.0)	3(13.0)	23(100)
	Multiple	7(53.8)	6(46.2)	13(100)
	Total	27(75.0)	9(25.0)	36(100)
Total	Single	34(54.0)	29(46.0)	63(100)
	Multiple	23(51.1)	22(48.9)	45(100)
	Total	57(52.8)	51(47.2)	108(100)

나. 파이프 골조 온실의 규격

농촌진흥청에서는 1992년 관행 온실을 개량한 농가보급형 자동화 온실을 개발하여 보급하고 있는데 이 중에서 개량아치 연동온실(1-2W형, 폭 7.0m, 지붕높이 4.55m, 처마높이 2.7m)과 단동온실(1-1S형, 폭 5.9m, 지붕높이 2.9m, 처마높이 1.8m)이 가장 선호하는 온실로 알려져 있으며, 우리나라에는 지역별로 특성화된 온실이 일부 분포하고 있으나 파이프 골조 온실의 대부분은 농가보급형 자동화 온실과 유사한 형태를 갖고 있다(김 등, 1994 ; 이 등, 1998).

조사된 지역별 파이프 골조 온실의 평균 규격은 Table 2와 같았다. 온실의 폭은 단동의 경우 내륙 지역, 연동의 경우 해안지역이 약간 넓었으나 뚜렷한 지역적인 차이를 발견할 수는 없었다. 온실의 길이는 지역적인 차이보다는 토지의 형상과 밀접한 관계를 보이며 농가보급형 자동화 온실에서는 환경조절 성능 등을 고려하여 50m 내외를 권장하고 있으나(박 등, 1992) 대체로 이보다 훨씬 길게 나타나고 있다. 온실의 지붕과 처마높이는

단동, 연동 모두 평야지역에서 낮게 나타나고 있으나 이는 관행형 온실이 비교적 많이 분포하고 있기 때문으로 생각되며, 전체적으로 변화폭이 심하여 지역적인 특징을 찾기는 어려웠으며 서까래 간격도 마찬가지로 지역적인 차이를 발견하기는 어려웠으므로 이하 온실의 구조실태 분석에서는 지역적인 구분 없이 전체를 대상으로 하여 주로 1-1S형 및 1-2W형과 비교검토 하였다.

Table 2. Average dimensions of pipe framed green-houses

		Span width (m)	Length (m)	Roof height (m)	Eave height (m)	Rafters interval (m)
Inland area	Single	6.8	73	2.9	1.5	0.76
	Multiple	6.5	85	4.0	2.2	0.64
	Total	6.7	78	3.3	1.8	0.71
Seaside area	Single	6.2	63	2.6	1.4	0.72
	Multiple	6.7	73	5.1	3.2	0.58
	Total	6.4	68	3.8	2.2	0.65
Plain area	Single	6.6	78	2.4	1.3	0.74
	Multiple	6.2	67	2.8	1.8	0.68
	Total	6.4	74	2.5	1.5	0.72
Total	Single	6.5	71	2.6	1.4	0.74
	Multiple	6.5	75	4.0	2.4	0.63
	Total	6.5	73	3.2	1.8	0.69

온실의 폭과 길이는 Table 3과 같았다. 단동온실의 폭은 6~6.9m가 50.8%로 가장 많고, 6m 미만은 19%였으며, 대부분이 6m 이상으로 1-1S형에 비하여 넓은 편이었다. 연동온실의 폭은 7~7.9m가 53.3%로 가장 많았으나 전체 평균은 6.5m로서 1-2W형에 비하여 좁은 것으로 나타났다. 온실의 길이는 단동, 연동 구분 없이 70m 이상이 대부분이었으며 90m 이상인 온실도 28.7%나 되었다.

온실의 높이는 지붕높이와 처마높이로 나누어 실측하였으며 그 결과는 Table 4와 같다. 지붕높이는 단동의 경우 2.5~2.9m가 42.8%로 가장 많았고, 2.5m 미만도 36.5%나 되었으며 3.0m 이상은 20.7%로 대부분이 농가보급형 자동화 온실에 비하여 낮은 편이었다. 연동의 경우는 5.0m 이상이 31.1%로 가장 많았으나 3.0m 미만도 20%나 되는 등 대체적으로 높이가 낮은 온실이 많았다. 처마높이는 단동의 경우 1.5m 미만이 58.7%나 되어 터널형에 가까운 형태를 보였고, 연동의 경우에도 2.5m 미만이 48.8%이고 전체 평균 2.4m에 불과해 농가보급형 자동화 온실에 비하여 상당히 낮은 것으로 나타났다.

한편, 연동온실의 경우 연동수는 2~3연동이 53.3%로 가장 많고, 4~5연동이 28.9%였으며, 자연환기 성능이 급격히 떨어지게 되는 6연동 이상도 17.8%나 되는 것으로 조사되었다.

다. 골조재의 규격

파이프 온실의 주요 골조는 서까래와 도리로 구

Table 3. Width and length of pipe framed greenhouses

(unit : farms(%))

	Span width			Length			
	Single-span	Multi-span	Total		Single-span	Multi-span	Total
< 6m	12(19.0)	5(11.1)	17(15.7)	< 50m	6(9.5)	5(11.1)	11(10.2)
6~6.9m	32(50.8)	16(35.6)	48(44.5)	50~69m	20(31.7)	9(20.0)	29(26.8)
7~7.9m	12(19.0)	24(53.3)	36(33.3)	70~89m	19(30.2)	18(40.0)	37(34.3)
≥ 8m	7(11.2)	0(0.0)	7(6.5)	≥ 90m	18(28.6)	13(28.9)	31(28.7)
Total	63(100)	45(100)	108(100)	Total	63(100)	45(100)	108(100)

Table 4. Roof and eave height of pipe framed greenhouses

(unit : farms(%))

Roof height			Eave height				
	Single-span	Multi-span	Total		Single-span	Multi-span	Total
< 2.5m	23(36.5)	0(0.0)	23(21.3)	< 1.5m	37(58.7)	2(4.4)	39(36.1)
2.5~2.9m	27(42.8)	9(20.0)	36(33.3)	1.5~1.9m	22(34.9)	10(22.2)	32(29.6)
3.0~3.9m	10(15.9)	13(28.9)	23(21.3)	2.0~2.4m	3(4.8)	10(22.2)	13(12.0)
4.0~4.9m	3(4.8)	9(20.0)	11(10.2)	2.5~2.9m	1(1.6)	7(15.6)	8(7.5)
≥ 5.0m	0(0.0)	14(31.1)	15(13.9)	≥3.0m	0(0.0)	16(35.6)	16(14.8)
Total	63(100)	45(100)	108(100)	Total	63(100)	45(100)	108(100)

성되어 있으며, 연동온실에서는 기둥과 중방이 추가된다. 서까래의 규격 및 설치간격은 Table 5와 같았다. 농가보급형 자동화 온실의 서까래는 공칭 직경 25.4mm, 두께 1.5mm의 파이프를 60cm 간격으로 설치하도록 되어있다. 조사대상 농가에서 연동온실의 경우에는 거의 대부분 농가보급형 자동화 온실의 규격에 가깝게 설치되어 있으나, 단동온실의 경우에는 상당수가 22.2mm, 1.2t의 파이프를 사용하고 있으며, 설치간격도 60cm이하는 36.5%에 불과하고 91~100cm 간격으로 설치하고 있는 농가도 17.5%나 되는 것으로 조사되었다. 서까래의 규격 및 설치간격은 온실의 구조 안전성에 큰 영향을 미치는 요인이므로 파이프 골조 온실의

표준내용년수를 정확히 규명하고 안전도를 고려한 재현기간별 설계하중을 산정하여 구조해석을 통한 파이프 골조 온실의 안전성 검토가 필요할 것으로 판단된다.

1-2W형 연동온실의 기둥은 공칭직경 48.1mm, 두께 2.1mm의 파이프를 2.0m 간격으로 설치하도록 되어 있다. 조사대상 온실의 기둥은 Table 6과 같이 설치되어 있었다. 조사대상 온실의 약 68.9%는 농가보급형 자동화 온실과 같은 규격의 기둥을 설치하고 있었으나, 26.7%의 농가가 구조해석적인 검증 없이 농가보급형 자동화 온실보다 작은 단면의 부재를 사용하고 있었다. 한편, 기둥간격은 28.9%의 농가가 농가보급형 자동화 온실 보다 넓

Table 5. Pipe size and interval of rafters

(unit : farms(%))

Pipe size			Interval				
Pipe ¹⁾	Single-span	Multi-span	Total		Single-span	Multi-span	Total
22.2, 1.2t	17(27.0)	0(0.0)	17(15.7)	≤ 60cm	23(36.5)	33(73.4)	56(51.9)
22.2, 1.5t	3(4.8)	0(0.0)	3(2.8)	61~70cm	12(19.0)	8(17.8)	20(18.5)
25.4, 1.2t	2(3.2)	2(4.4)	4(3.7)	71~80cm	13(20.6)	2(4.4)	15(13.9)
25.4, 1.5t	39(61.8)	43(95.6)	82(75.9)	81~90cm	4(6.4)	1(2.2)	5(4.6)
31.8, 1.5t	2(3.2)	0(0.0)	2(1.9)	91~100cm	11(17.5)	1(2.2)	12(11.1)
Total	63(100)	45(100)	108(100)	Total	63(100)	45(100)	108(100)

¹⁾ Nominal diameter(mm), thickness(mm)

은 간격으로 설치하고 있는 것으로 나타났다.

농가보급형 자동화 온실의 중방 규격은 기둥과 같은 단면의 파이프를 4.0m 간격으로 설치하도록 되어 있다. 농가에서 실측 조사한 결과는 Table 7과 같다. 33.3%의 농가에서 농가보급형 자동화 온실 보다 작은 단면의 부재를 사용하고 있었으며, 설치간격은 대부분 기둥간격과 같았고, 기둥간격이 1.5m와 2.0m인 10 농가(22.2%)만이 기둥 2개마다 1개씩의 중방을 설치하고 있었다.

Table 6. Pipe size and interval of columns in multi span greenhouses

Pipe size	Farms(%)	Interval	Farms(%)
31.8, 1.5t	5(11.1)	1.5m	2(4.4)
38.1, 2.1t	7(15.6)	2.0m	30(66.7)
48.1, 2.1t	31(68.9)	2.4m	7(15.6)
Square pipe 60×60	2(4.4)	3.0m	6(13.3)
Total	45(100)	Total	45(100)

Table 7. Pipe size and interval of cross beams

Pipe size	Farms(%)	Interval	Farms(%)
31.8, 1.5t	6(13.3)	2.0m	22(48.8)
38.1, 2.1t	9(20.0)	2.4m	7(15.6)
48.1, 2.1t	28(62.2)	3.0m	8(17.8)
Square pipe 60×60	2(4.4)	4.0m	8(17.8)
Total	45(100)	Total	45(100)

파이프 골조 온실에서 도리는 서까래를 연결해주는 수평재로서 일반적으로 2차원 구조해석에서는 무시되지만, 3차원 구조물로 생각할 때 온실 길이방향이나 경사진 방향의 하중에 저항하는 부재로서 농가보급형 자동화 온실에는 공칭직경 25.4mm, 두께 1.5mm의 파이프를 동당 7개씩 설치하도록 되어 있다. 실태 조사 결과는 Table 8과 같이 대부분이 서까래 부재의 단면과 같은 파이프

를 사용하고 일부만이 서까래 보다 조금 작은 단면의 파이프를 사용하고 있었다. 동당 7개 이상의 도리를 설치한 농가는 45.3% 뿐이었고 5개 설치한 농가가 35.2%, 3개 밖에 설치하지 않은 농가도 19.5%나 되는 것으로 조사되었다. 따라서 구조해석을 통한 도리의 적정 개수를 제시하여 파이프 골조 온실의 안전성을 향상시키는 동시에 경제적인 설계가 되도록 검토해야 할 것으로 판단된다.

Table 8. Pipe size and interval of purlines

Pipe size	Farms(%)	Interval ¹⁾	Farms(%)
22.2, 1.2t	20(18.6)	3ea.	21(19.5)
22.2, 1.5t	5(4.6)	5ea.	38(35.2)
25.4, 1.2t	5(4.6)	7ea.	40(37.0)
25.4, 1.5t	78(72.2)	9ea.	9(8.3)
Total	108(100)	Total	108(100)

1) Number of purlines in single-span

라. 파이프 골조 온실의 기초

파이프 골조 온실의 기초는 서까래 부분은 파이프의 매설깊이에 의한 마찰저항력으로, 연동온실의 기둥 부분은 콘크리트 독립기초로서 침하 및 인발에 저항하도록 하고 있다. Table 9는 서까래의 매설깊이를 정리한 것이다. 파이프 골조 온실은 경량구조물로서 상부하중에 의한 침하의 위험보다는 강풍시의 인발에 대한 위험이 더 큰 것으로 알려져 있다. 농가보급형 자동화 온실의 경우 설계풍속 30m/s까지는 매설깊이 30cm이면 충분하지만 설계풍속 40m/s의 경우 연약지반은 50cm 이상의 매설깊이가 필요한 것으로 보고되어 있다(김, 남, 1995). 조사결과에 의하면 거의 대부분의 농가에서 30cm 이상 매설하고 있었으며, 연동온실 중 5농가에서는 서까래의 일부분에 콘크리트 기초를 설치한 예도 있었다. 기둥의 기초는 연동온실 농가 45호중 콘크리트 독립기초를 설치한 경우가 35농가(77.8%)였으나 설치하지 않은 농가도 10농가(22.2%)나 되었다. 기둥의 기초를 설치하지 않은 농가의 평균 파이프 매설깊이는 42.8cm로 나타

났으나 연동곡부에 눈이 쌓일 경우의 침하 및 강 풍시 인발에 대한 검토가 요망된다.

Table 9. Depth of rafter pipe buried in the ground (unit : farms(%))

	Single-span	Multi-span	Total
< 30cm	2(3.2)	1(2.2)	3(2.8)
30~39cm	14(22.2)	15(33.4)	29(26.8)
40~49cm	33(52.4)	19(42.2)	52(48.2)
50~59cm	9(14.3)	6(13.3)	15(13.9)
≥ 60cm	5(7.9)	4(8.9)	9(8.3)
Total	63(100)	45(100)	108(100)

2. 파이프 온실의 골조 부위별 부식특성

현재 온실의 구조설계시 이동식 소형 파이프하우스의 경우는 표준내용년수를 5년으로, 고정식 대형 파이프하우스의 경우는 10년으로 가정하여 설계하중을 산정하고 있으나(이 등, 1995) Table 10에서 보는바와 같이 10년이상 시설을 사용하고 있는 농가가 16.7%나 되고, 15년 이상 시설을 사용하고 있는 농가도 일부 있으므로 파이프 골조 온실의 표준내용년수 규명을 위한 구체적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Table 10. Duration of pipe framed greenhouses

Duration	Farms(%)	Constructed year
< 5yr.	38(35.2)	After 1995
5~9yr.	52(48.1)	1990~1994
10~14yr.	14(13.0)	1985~1989
≥ 15yr.	4(3.7)	Before 1985
Total	108(100)	

파이프 온실의 골조재에 대한 유지관리, 보수·보강 지침을 마련하기 위해서는 주요 부식위치 및 부식정도를 파악할 필요가 있다. Table 11은 농가 실태조사 자료를 분석하여 부식정도에 따른 평균

경과년수를 계산한 결과이며, 지면부위는 약 7년, 연결부위는 8년, 휨가공부위는 10년, 기둥 및 서까래부위는 13년 정도 지나면 파이프 표면의 절반 정도가 부식되는 것으로 분석되었다. 이것은 파이프 표면의 부식 정도를 5단계로 구분하여 관측한 결과를 평균한 것이며, Fig. 1은 이것을 파이프 표면적에 대한 녹스 면적의 비율(%)로 환산하여 경과년수에 따른 부식정도를 나타낸 것이다. 적절한 유지관리를 해주지 않을 경우 지면이나 연결부위 등 부식에 취약한 부위는 대체로 2년 정도 경과하면 녹슬기 시작하여 10년 정도 경과하면 완전히 녹스는 것으로 나타나고 있다.

한편, 실태조사 결과 파이프 골조 온실에 있어서 부식에 가장 취약한 부위로는 서까래의 지중

Table 11. Average duration by rusty grade and part of framework (unit : years)

Part of framework	No rust, discolored	A little rusted	About half rusted	About two parts rusted	Completely rusted
Ground	3.2	4.7	7.2	10.1	12.7
Column	5.4	7.4	12.8	17.5 ¹⁾	25.0 ¹⁾
Rafter	5.3	7.1	12.8	15.7	25.0 ¹⁾
Bending	4.9	6.4	10.0	11.2	20.0 ¹⁾
Joint	4.7	5.4	7.9	10.6	15.0 ¹⁾

1) Estimated value.

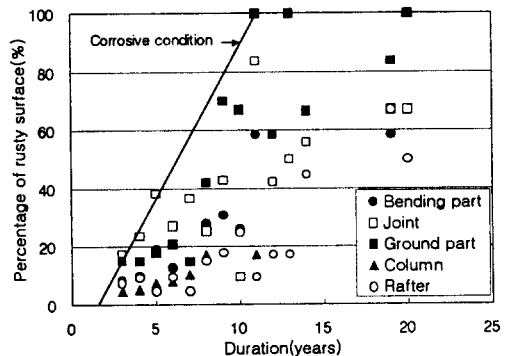


Fig. 1. Rusty degree of framework by duration.

매설부, 볼트 등 조임식 연결부, 출입문 연결부, 권취식 창 의 회전축용 파이프, 곡부 물받이 부근 의 파이프 등으로 나타났다.

3. 파이프 골조 온실의 유지관리실태 조사 결과

파이프 골조 온실의 경우 유지관리에 대한 필요성을 인식하고 있는 농가는 많지 않았다. 유지관리에 관한 실태조사 결과 Table 12와 같이 정기적으로 유지관리를 위한 점검을 하고 있는 농가는 6.5%에 불과했으며 57.4%의 농가는 전혀 점검을 하지 않는 것으로 나타났다. 정기점검은 주로 피복재 교체시 이루어지고, 수시점검은 강풍이나 적설 등의 재해가 발생한 경우에 이루어지는 것으로 조사되었다. 수시 또는 정기점검을 하고 있다고 답변한 46 농가의 주요 보수·보강 작업내용은 녹슨 부분 도색 6 농가, 파이프 일부 교체 11 농가, 휘어진 파이프 펴기 5 농가였고, 나머지는 파손된 피복재를 보수하거나 교체하는 것이 유지관리 내용의 전부였다. 피복재의 교체주기는 단동온실의 경우 매년 교체하는 농가가 44.5%로 가장 많았으며 연동온실의 경우에는 2년에 1번씩 교체하는 농가가 51.2%로 가장 많았다.

Table 12. Inspection period for maintenance of greenhouses

(unit : farms(%))

	Single-span	Multi-span	Total
No inspection	33(52.4)	29(64.4)	62(57.4)
Regular inspection	4(6.3)	3(6.7)	7(6.5)
Occasionally inspection	26(41.3)	13(28.9)	39(36.1)
Total	63(100)	45(100)	108(100)

자연재해의 내용으로는 강풍, 돌풍, 태풍 등 바람에 의한 피해를 경험한 농가가 71 농가로 전체의 65.7%를 차지하고 있으며, 폭설 피해 4 농가(3.7%), 홍수 피해 2 농가(1.9%)로 나타났다. 바람에 의한 피해 내용으로는 일부 파이프가 휘어짐

Table 13. Replacement period of plastic film cover
(unit : farms(%))

	Single-span	Multi-span	Total
1yr.	28(44.5)	11(24.4)	39(36.1)
2yr.	22(34.9)	23(51.2)	45(41.7)
3yr.	13(20.6)	11(24.4)	24(22.2)
Total	63(100)	45(100)	108(100)

11 농가(15.5%), 비닐만 파손 46 농가(64.8%), 기초가 일부 뒹침 6 농가(8.5%), 부분적인 구조물 파손 5 농가(7.0%), 구조물 전체 파손 3 농가(4.2%)로 나타났다. 폭설 피해는 모두 파이프의 휨 피해였으며, 홍수 피해는 모두 침수에 의한 작물 피해만인 것으로 조사되었다. 바람에 의한 피해를 경험한 횟수는 1회 56 농가(78.9%), 2~3회 11 농가(15.5%)였으며 4회 이상 거의 매년 피해를 겪은 경우도 4 농가(5.6%)나 되었다. 구조설계 측면에서 내풍성을 향상시키기 위한 노력과 유지관리 측면에서의 강풍에 대한 대책 수립이 절실히 필요한 것으로 사료된다.

IV. 요약 및 결론

파이프 골조 온실의 효율적인 유지관리에 필요한 기초자료를 제공할 목적으로 파이프 골조 온실의 구조특성과 부식현황, 농가의 유지관리실태 및 자연재해에 의한 피해 사례 등을 조사 분석하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 단동온실은 농가보급형 자동화 온실에 비하여 폭이 넓고 높이가 낮으며, 특히 처마높이가 낮은 터널형태를 보이고 있으며, 연동온실은 농가보급형 자동화 온실보다 폭이 좁고 높이도 낮은 것이 많다.

2. 연동온실의 서까래 규격은 농가보급형 자동화 온실에 가까우나 단동온실은 농가보급형 자동화 온실에 비하여 부재단면이 작거나 서까래간격이 넓은 경우가 많아 구조 안전성의 검토가 요망된다.

3. 서까래를 연결하는 도리를 충분히 설치하지 않은 농가가 많으며, 연동온실에서 기둥과 중방의 규격은 대체로 농가보급형 자동화 온실과 유사하게 설치되어 있다.

4. 파이프 골조 온실의 기초 역할을 하는 서까래의 매설깊이는 대체로 충분한 것으로 조사되었으나 연동온실의 기둥에 콘크리트 독립기초를 설치하지 않은 농가가 상당수 있다.

5. 골조재의 부식상태를 조사한 결과, 지면부위는 약 7년, 연결부위는 8년, 휨가공부위는 10년, 기둥 및 서까래부위는 13년 정도 경과하면 파이프 표면의 상당부분이 부식되는 것으로 추정된다.

6. 부식에 가장 취약한 부위로는 서까래의 지중 매설부, 볼트 등 조임쇠 연결부, 출입문 연결부, 권취식 창의 회전축으로 사용하는 파이프 및 곡부 물받이 부근 등이다.

7. 정기적으로 유지관리를 위한 점검을 하고 있는 농가는 65%에 불과하고 일부만이 피복재 교체시 또는 강풍이나 적설시에 점검을 하고 있으며, 57.4%의 농가는 전혀 점검을 하지 않고 있다.

8. 바람에 의한 피해를 경험한 농가가 많아 약 65.7%의 농가에서 1회 이상 강풍 피해를 겪었고, 비닐만 파손된 경우가 대부분이었지만 파이프가 휘어지거나 기초가 일부 뿔히거나 또는 구조물 전체가 파손된 경우도 상당수 있으므로 강풍에 대한 대책 수립이 요망된다.

본 논문은 1999년도 농림기술개발사업에 의하여 수행한 연구결과의 일부임.

참 고 문 헌

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 작물 재배 연구, 농촌진흥청 연구보고서, pp. 89~144.

4. 김문기, 남상운, 1995, 파이프하우스의 구조안전에 관한 실험적 연구, 생물생산시설환경 4(1), pp. 17~24.

5. 박중춘, 이병일, 김문기 외, 1992, 시설원에 현대화하우스모델설정 및 재배효과에 관한 연구, 농촌진흥청 연구보고서, pp. 93~104.

6. 이석건 외, 1995, 원예시설의 구조안전기준 작성, 농어촌진흥공사 농어촌연구원, pp. 260.

7. 이시영 외, 1998, 농가보급형 비닐하우스 1-2W형의 구조분석 시뮬레이션에 의한 규격개선 연구, 한국생물생산시설환경학회 학술논문발표요지 7(1), pp. 89~93.

8. 이현우, 이석건, 1995, 경북지방 파이프하우스의 안전골조간격에 관한 연구, 생물생산시설환경 4(2), pp. 195~202.

9. 장원석, 1999, 시설원예산업의 발전방향 및 수출 활성화 전략과 구체적 방안, 한국첨단농업시설협의회, 심포지엄 자료집, pp. 4~14.

10. 한국농자재산업협회, 1999, 시설원예자재 물동량 조사, pp. 56.

11. 小川秀雄 外, 1990, パイプハウスの強度に関する實驗的研究, 農業施設 20(3), pp. 262~269.

12. 立花一雄 外, 1980, 施設園藝ハウスの設計と施工, オーム社, pp. 236.

13. 日本農業施設學會, 1990, 農業施設ハンドブック, 東洋書店, pp. 256~277.

14. Aldrich, R. A., 1994, Greenhouse Engineering, Northeast Regional Agricultural Engineering Service, pp. 212.

15. Nelson, P. V., 1991, Greenhouse Operation and Management, Prentice Hall, pp. 31~76.