

# 파이프 골조 온실의 조립 연결구 내력 시험

## Experimental Analysis on Yield Strength of Pipe Connectors and Joints for Pipe Framed Greenhouses

남 상 운  
Nam, Sang Woon

### Abstract

Experiments on the yield strength of pipe connectors made of metal wire, joint pins, pole pipes, multi span insertion joints, and T-clamp joints used in pipe houses were conducted. The strength of connections of a pipe connector made of metal wire was adequate but it had a big difference according to loading direction. Therefore as it is installed, its direction should be taken into consideration. The collapse load of pipes connected with a joint pin was lower than that of single pipes. In the part of frame member at which the great bending moment occurs, the use of joint pin should be avoided. Also experimental results showed that pole pipes for use in a part of frame buried under the ground were safe, and the strength of multi span insertion joints should be increased. The resistant moment of T-clamp was about 13.7% of a single pipe. In case that the external forces acting on left and right rafter are different, a unsymmetrical rotational force is produced at the multi span joint. If it is expected that the actual bending moment on the multi span joint is larger than resistant moment of T-clamp, a reinforcement to safely resist the rotational force is required.

### I. 서 론

우리 나라의 온실 설치 면적은 1970년대 백색혁명이라 불리는 비닐농법의 확산으로 시설원예가 본격화된 이후 1990년대 들어 수요 신장과 UR 정책 등에 힘입어 급속한 증가를 보이면서 1990년에 25,450 ha에서 1999년에는 10년 전의 약 2배인 51,200 ha에 이르고 있다. 그 중 유리온실이 363ha로 0.7%, 철골 경질판 온실이 125 ha로 0.2%이고,

아연도강관을 사용한 비닐하우스가 50,712 ha로 99.1%를 차지하고 있다(김, 2001).

파이프 골조의 비닐하우스는 구조물로서의 공학적 설계나 유지관리에 대한 인식이 부족하여 시설의 구조역학적인 연구가 거의 이루어지지 않고 있으나 파이프 골조의 온실 구조는 태풍이나 폭설 등으로 인한 파손으로 막대한 경제적 손실을 입고 있다. 일례로 2001년 1월 7~9일 사이에 경기, 강원, 충청지방을 중심으로 내린 폭설로 비닐하우스

\*충남대학교 농업생명과학대학

키워드 : 파이프온실, 강도, 조립구, 연결구, 내력

3,418 ha가 파손되어 2,228억원의 피해를 입은 바가 있으며, 2000년 8월말~9월 중순에 걸친 2회의 태풍으로 529 ha의 비닐하우스가 파손되는 피해를 경험한 바가 있다(중앙재해대책본부, 농림부, 2001). 이러한 피해는 막대한 재산 손실 이외에도 환경조절 및 자동화 설비의 설치에 직접적인 영향을 주는 중요한 요인이므로 시설의 구조 역학적인 연구는 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

국내에서 온실의 구조에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 90년대 초반에 온실의 구조안전 및 구조설계 기준 설정에 관한 연구가 일부 수행되어 잠정 온실구조 설계기준 안이 작성된 바 있다(이 등, 1995). 근년에 새로운 설계기준이 작성되었으나(농림부, 농진공, 1999), 유리온실 등의 강구조 고정식 온실을 위주로 건축물의 구조내력에 관한 기준을 근거로 하는 일반 건축물의 설계기준을 준용함에 따라 농업시설로서의 특징 반영이 미흡하여 국내 온실의 대부분을 차지하는 파이프 골조 온실의 설계에 적용하기는 어려운 실정이다. 이에 반하여 우리 나라와 유사한 온실 구조와 특징을 가지고 있는 일본의 경우에는 파이프하우스의 구조안전 지침을 제시하는 등 온실 구조에 관한 연구를 꾸준히 시행하고 있는 상황이다(일본시설원예협회, 1999).

파이프 골조 온실은 상대적으로 설치비가 저렴한 편이고, 비교적 견고하며 각종 조립 연결구가 개발되어 시공이 용이하고 가격에 비하여 우수한 성능이 인정되어 수출이 증대되고 있는 등 많은 장점을 가지고 있다. 이와 같이 국내에 보급된 온실 중 대부분을 차지하고 있는 파이프 골조 온실은 많은 장점을 가지고 있는 시설임에도 불구하고 상당수의 연구개발사업들이 첨단화된 유리온실을 중심으로 이루어지고 있기 때문에 비닐하우스는 상대적으로 낙후되고 있는 실정이며, 설계기준이나 구조안전 지침 등의 부재로 매년 큰 재해를 입고 있다.

본 연구에서는 파이프 골조 온실의 설계기준이나 구조안전 지침 등의 작성을 위한 기초 자료를 축적하여 자연재해로부터 온실의 구조적 안전성을

높이는 것을 목적으로 파이프 골조 온실의 건축에 많이 사용되는 주요 조립 연결구들의 내력을 시험하고 안전성을 검토하였다.

## II. 재료 및 방법

파이프 골조 온실의 건축에 이용되는 주요 조립 연결구를 선정하여 내력을 시험하였으며 시험에 사용한 조립 연결구와 시험방법은 다음과 같다.

### 1. 조리기개

조리개는 도리 및 서까래 파이프를 연결할 때 쓰이는 강선재 연결구이다. 파이프 골조 온실에서 가장 많이 사용되고 있는 25.4 mm 파이프용 조리개를 이용하여 내력을 시험하였다. Fig. 1과 같이 2개의 파이프를 조리개를 이용하여 직각으로 조립한 후 시험기에 설치하고, 종방향의 파이프에 하중을 재하하여 연결부에 힘을 가하였다. 조리개의 강선은 광향에 따라 다르기 때문에 Fig. 2와 같이 3방향으로 설치하여 각각의 방향에서 4회 반복 실험을 실시하였다.

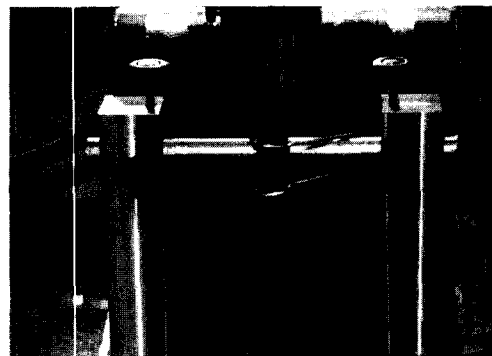


Fig. 1 Joint strength test of a pipe connector

### 2. 연결핀

연결핀은 Fig. 3과 같이 2개의 파이프를 직렬로 연결할 때 사용하는 연결구로써 인장력을 부담하

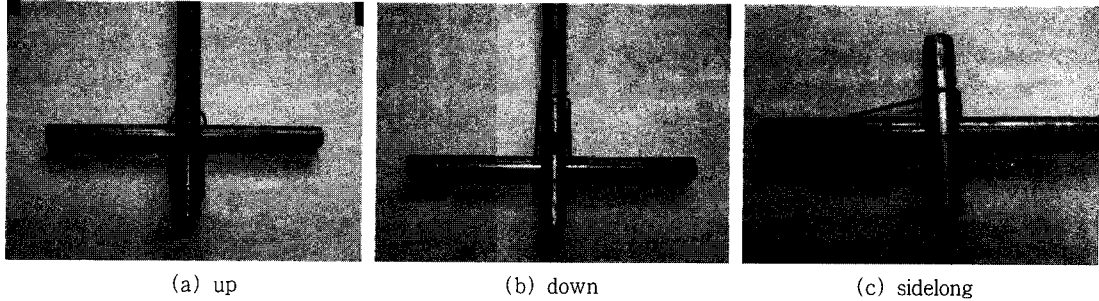


Fig. 2 Pipe connectors made of metal wire

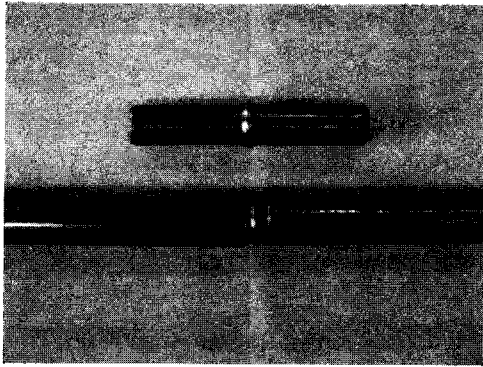


Fig. 3 Joint pin for pipe connection

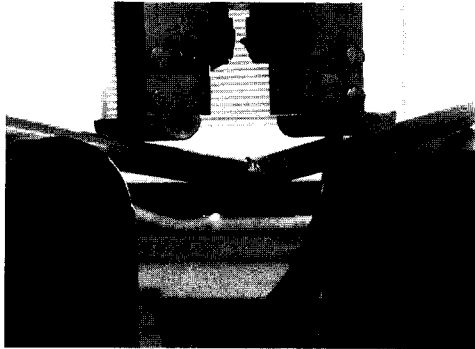


Fig. 4 Bending test of a joint pin

지는 못하고 주로 휨모멘트를 부담하는 것이다. 25.4 mm 파이프용 연결핀의 내력을 시험하였으며, 연결핀의 규격은 외경 21.5 mm, 두께 2.2 mm, 길이 125 mm 이다. 연결핀 부분에 직접 힘을 가하면 힘을 가한 부분의 파이프가 편평하게 변형되면서 핀과 파이프 사이의 접촉상태가 달라질 수 있

으므로 연결부분에는 휨모멘트만 작용하도록 Fig. 4와 같이 3등분점 재하 시험을 실시하였다. 재하 장치의 지간은 450 mm, 재하점간 간격은 150 mm 로 하였다(최 등, 1997).

### 3. 지주파이프

온실의 골조를 이루는 주파이프를 설치할 때 지중에 매설되는 부분은 부식되기 쉬우므로 교체하기 쉽도록 지중에 매설되는 부분만 별도로 파이프를 구성하고 여기에 주파이프를 끼워서 설치할 수 있도록 제작된 파이프를 지주파이프라고 한다. 이 지주파이프는 길이 1.0 m로 Fig. 5와 같이 주파이프를 끼울 수 있도록 한쪽을 가공한 것으로써 가공부위는 삽입길이 66 mm, 외경 21.6 mm, 두께 2.1 mm이다. 이 부분은 주로 휨에 저항하므로 연결핀과 같은 방법으로 내력 시험을 실시하였다.

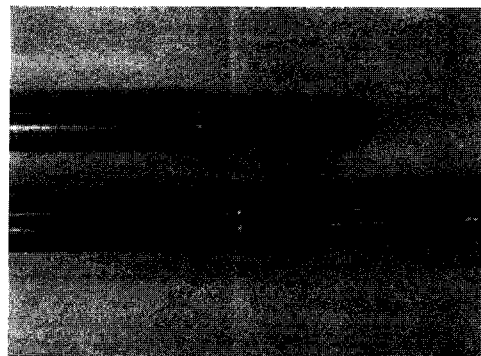


Fig. 5 Pole pipe for use in a part of frame buried under the ground

또한 폭풍시 매설부분이 인발력에 저항하면서 연결부위에 인장력이 작용하기 때문에 보통 직경 3.5 mm인 1개의 나사못으로 고정하는데 이에 대한 안전을 구조역학적으로 검토하였다.

#### 4. 연동꽃이

연동의 파이프 골조 온실은 48.1 mm 파이프로 기둥과 물받이 보를 형성한 후 물받이 보에 60 cm 간격으로 25.4 mm 파이프를 조립하여 서까래를 구성하는 형식으로 되어 있다. 이 때 연동온실의 물받이 보와 서까래 파이프를 연결하는 조립구를 연동꽃이라고 한다. Fig. 6과 같이 두께 3.0 mm의 강판을 48.1 mm 파이프에 감을 수 있도록 가공하여 10 mm 볼트로 체결하도록 되어 있으며 반대편

에 약 90°의 각도로 길이 64 mm, 외경 21.2 mm, 두께 1.7 mm의 꽃음쇠가 부착되어 있다. 내력 시험은 Fig 7과 같이 연동꽃이를 조립하여 뒤집어서 휨시험 장치에 설치한 후 중앙점 재하방식으로 휨저항력을 측정하였다. 이 때 지간 길이는 250 mm로 하였다.

#### 5. T클램프

T클램프는 파이프 골조 연동온실의 기둥과 물받이 보를 조립 연결하는데 사용하는 금속재 연결구이다. Fig. 8과 같이 48.1 mm 파이프를 T자 형으로 연결할 수 있도록 두께 3.0 mm의 강판을 등근 T형(플랜지 폭 66.4 mm, 높이 55 mm, 웨브 폭 52.6 mm, 높이 70 mm)으로 가공한 것을 양쪽에

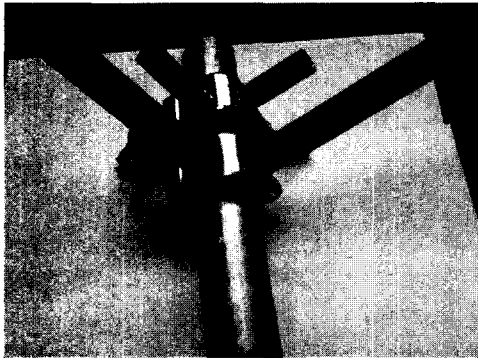


Fig. 6 Multi span insertion joint for a pipe framed greenhouse

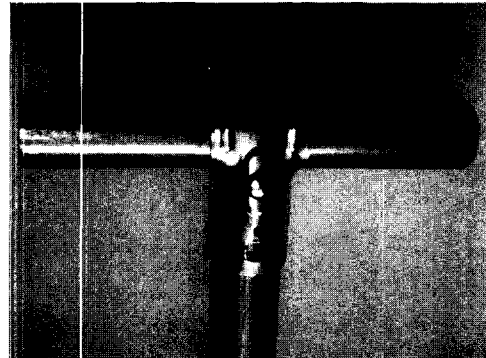


Fig. 8 T-clamp for pipe connection

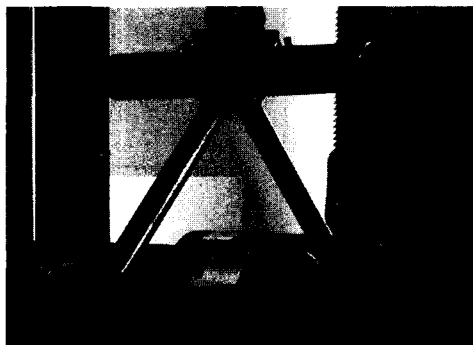


Fig. 7 Bending resistance test of a multi span insertion joint

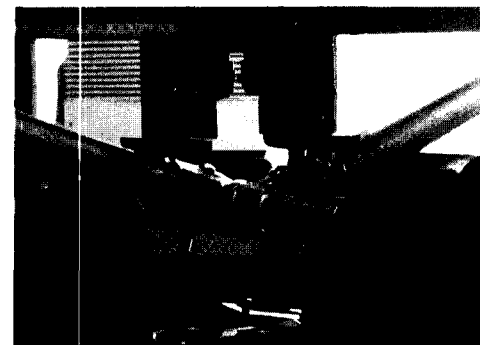


Fig. 9 Bending resistance test of a T-clamp joint

대고 10 mm 볼트로 체결하도록 되어 있다. 내력 시험은 Fig. 9와 같이 48.1 mm 파이프를 T클램프를 이용하여 양방향으로 조립한 후 휨시험 장치에 설치하여 3등분점 재하방식으로 저항모멘트를 측정하였다. 이 때 지간 길이와 재하방식은 연결편 시험과 동일한 것으로 하였다. 이상의 모든 시험은 만능 강도 시험기(Universal Testing Machine, Z100)를 이용하였다.

### III. 결과 및 고찰

조리개의 연결 내력 시험 결과는 Table 1과 같고, 시험 하중과 변위 관계를 도시하면 Fig. 10과 같다. 조리개를 상방향으로 설치한 경우가 내력이 가장 커서 직선 구간에서의 내력은 64.7 kgf, 최대 내력은 95.3 kgf으로 나타났다. 하방향과 좌우방향은 큰 차이가 없었으나 상방향의 37~45% 정도로 작게 나타났다. 小川 등(1990)의 이론계산에 의하면 주파이프의 면의방향으로의 이동을 막기 위해서는 6.0 kgf 정도의 내력이 확보되면 충분한 것으로 보고되어 있으므로 조리개의 내력에는 문제가 없는 것으로 판단된다. 그러나 조리개의 설치 방향에 따라 내력에 큰 차이를 보이므로 조리개의 방향성을 고려하여 설치할 필요가 있을 것으로 생각된다. 즉 서까래와 도리를 연결할 경우 조리개가 높은 내력을 발휘할 수 있도록 조리개의 단부가 위로 향하게 설치하는 것이 더 안전할 것이다.

연결편과 지주파이프의 휨저항력 시험 결과는 Table 2와 같고, 이때의 시험하중과 처짐 곡선은 Fig. 11과 같다. 연결편으로 연결한 파이프의 붕괴

하중은 평균 321.0 kgf으로 단일파이프의 90% 정도로 작았으나 지주파이프의 경우는 오히려 453.9 kgf(127%)으로 크게 나타났다. 붕괴하중을 그때의 처짐으로 나눈 값을 강성(kgf/mm)으로 보았을 때 단일파이프에 대한 강성비는 연결편 1.21, 지주파이프 1.44로 높게 나타났다. 강성이 크다는 것은 동일한 하중에 대하여 처짐이 작다는 것을 의미하므로 휨모멘트가 크게 걸리지 않는다면 처

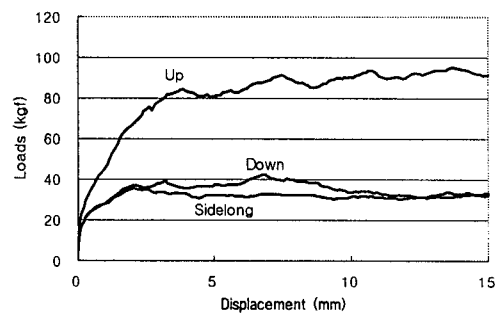


Fig. 10 Joint strength for pipe connectors made of metal wire

Table 2 Results of bending test for joint pin and pole pipe

Status	Collapse loads (kgf)			Deflection (mm)	Rigidity ratio
	Average	Deviation	Ratio		
Joint pin	321.0	± 8.3	0.90	12.3	1.21
Pole pipe	453.9	± 3.9	1.27	22.0	1.44
Single pipe	358.0	±20.6	1.00	25.0	1.00

Table 1 Experimental results for pipe connectors made of metal wire

Loading direction	Tangent strength		Maximum strength		P <sub>max</sub> /P
	P (kgf)	Deviation	P <sub>max</sub> (kgf)	Deviation	
Up	64.7	±6.7	95.3	±16.1	1.47
Down	28.2	±5.8	42.4	± 8.7	1.50
Sidelong	28.0	±4.0	35.5	± 6.1	1.27

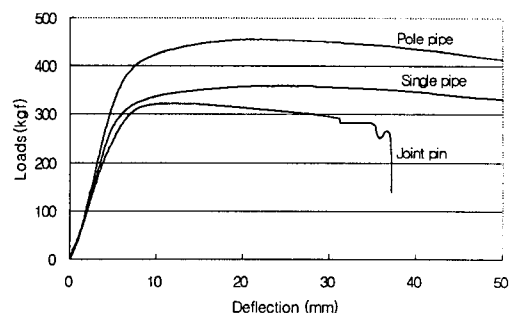


Fig. 11 Load-deflection curves obtained by bending test of joint pin and pole pipe

짐이 발생하기 쉬운 곳에 유리하다. 그러나 연결편은 주로 파이프의 길이가 부족한 경우 연장하기 위해 2개의 파이프를 직접 연결할 때 사용되는데, 단일파이프에 비하여 휨저항력이 작으므로 큰 휨모멘트를 받는 곳은 사용을 피하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 지주파이프의 경우는 강풍시 인발에 저항하기 위하여 볼트로 연결하는데 볼트구멍으로 인하여 붕괴하중은 22% 정도 감소하지만(김등, 1995) 단일파이프에 비하여 27% 정도 크므로 휨저항에 문제가 없는 것으로 판단되며 강풍시 인발에 의한 인장력에 대하여 검토하면 다음과 같다. 지주파이프의 연결부 인장력은 직경 3.5mm인 나사못 1개의 전단력으로 저항하게 된다. 나사못의 단면적은  $9.62 \text{ mm}^2$ 이고 허용전단응력은  $900 \text{ kgf/cm}^2$ (한국강관협회, 1989 : 대한건축학회, 1998)이므로 허용전단력은 약 87 kgf이다. 파이프 골조 온실의 파이프 1개당 인발력은 풍속 40 m/s에서 57.6 kgf, 50 m/s에서 90 kgf 정도(김과 남, 1995)이므로 나사못 1개의 전단력으로 충분히 저항할 수 있게 되어 안전하다.

연동꽃이의 휨저항력 시험 결과 붕괴하중은  $367.6 \pm 53.0 \text{ kgf}$  (저항모멘트 :  $2297.5 \pm 331.2 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ )으로 나타났다. 같은 지간 길이의 휨시험에서 단일파이프의 붕괴하중은 381.7 kgf(남, 2001)인 것에 비하면 96.3% 정도로서 다소 작게 나타나고 있다. 연동꽃이는 주 골조를 구성하는 연결요소이므로 단일파이프 이상의 내력을 가지는 것이 필요하고 따라서 이부분의 조립 연결구는 좀더 강화할 필요가 있을 것으로 판단된다. Fig. 12는 시험하중과 처짐사이의 관계를 나타낸 것으로서 연동꽃이의 꽃음쇠가 어느 정도 저항하다가 강판과의 연결부분이 항복하면서 순간적으로 붕괴되는 것으로 나타났다.

T클램프의 저항모멘트 시험 결과의 일례는 Fig. 13과 같으며 최대하중은  $98.2 \pm 7.2 \text{ kgf}$ , 저항모멘트는  $368.2 \pm 25 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ 로 나타났다. 이것은 서까래에 사용되는 단일파이프의 저항모멘트  $2685 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ 의 13.7%에 불과한 값이다. 파이프 골조 연동 온실의 경우 기둥을 2.0m 간격으로 세우고 그 위

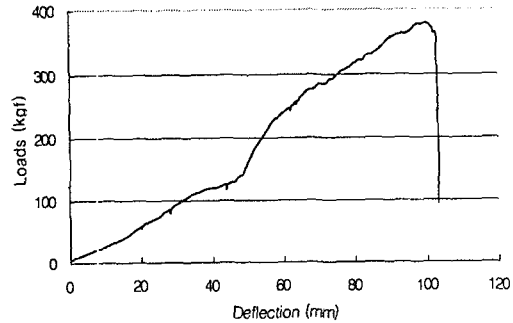


Fig. 12 An example of load-deflection curve obtained by bending resistance test of a multi span insertion joint

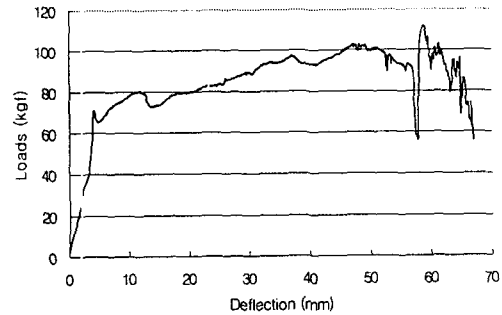


Fig. 13 A.1 example of load-deflection curve obtained by bending resistance test of a T-clamp joint

에 물받이 보를 T클램프로 조립하고, 여기에 연동꽃이를 사용하여 서까래 파이프를 60cm 간격으로 설치하므로 T클램프 1개당 3.3개의 서까래로부터 전달되는 모멘트를 부담해야 한다. 좌우 대칭 모멘트인 경우에는 연동꽃이에서 저항하므로 관계없으나 연동 곡부의 좌우측에 편심하중으로 비대칭 모멘트가 발생될 경우에는 T클램프 연결부분에 회전력이 발생되므로, 이 모멘트가 T클램프의 저항모멘트  $368.2 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$ 보다 클 것으로 예상되는 경우에는 나사못 등을 이용하여 회전을 구속할 필요가 있을 것으로 판단된다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 설계기준이나 구조안전 지침 등의 부재로 매년 큰 재해를 입고 있는 파이프 골조

비닐하우스의 구조적 안전성을 높이는 것을 목적으로 파이프 골조 온실의 건축에 많이 사용되는 조리개, 연결핀, 지주파이프, 연동꽃이, T클램프 등 주요 조립 연결구의 내력을 시험하고 안전성을 검토하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 조리개의 연결저항력 시험 결과 내력에는 문제가 없으나 조리개의 설치 방향에 따라 저항력에 큰 차이를 보이므로 설치할 때 조리개의 방향성을 고려해야 할 것으로 판단되었다.

2. 연결핀으로 연결한 파이프의 붕괴하중은 단일파이프의 90% 정도로 작았으나 강성은 1.21배로 크게 나타나 처짐이 발생하기 쉬운 곳에는 유리하지만 큰 휨모멘트를 받는 곳은 사용을 피하는 것이 좋을 것으로 판단되었다.

3. 지주파이프의 경우는 볼트구멍을 고려하여도 단일파이프와 비교했을 때 휨저항에 문제가 없었으며 강풍시 인발에 의한 인장력에 대하여도 안전한 것으로 나타났다.

4. 연동꽃이의 휨저항력은 단일파이프의 96.3% 정도로서 다소 작게 나타났으며, 연동꽃이는 주골조를 구성하는 연결요소이므로 단일파이프 이상의 내력을 가지도록 좀더 강화할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

5. T클램프의 저항모멘트는 서까래에 사용되는 단일파이프의 13.7%에 불과한 것으로 나타났다. 연동 꼭부의 좌우측에 편심하중으로 비대칭 모멘트가 발생되고, 이 모멘트가 T클램프의 저항모멘트보다 클 것으로 예상되는 경우에는 나사못 등을 이용하여 회전을 구속할 필요가 있을 것으로 판단되었다.

본 논문은 2000년도 농림기술개발사업에 의하여 수행한 연구결과의 일부임.

## 참 고 문 헌

1. 김문기, 남상운, 1995, 파이프하우스의 구조안전에 관한 실험적 연구, 생물생산시설환경 4(1), pp.17-24.
2. 김문기, 신만균, 정두호, 김인수, 1995, 시설구조의 기준화 및 작물재배연구, 농촌진흥청, pp.220.
3. 김병률, 2001, 시설원예산업의 정책방향, 한국생활환경조절학회 학술발표논문집, 10(1), pp.3-14 (별책자료 pp.1-14).
4. 남상운, 2001, 파이프 골조 온실 구조물의 표준내용연수 연구, 한국농공학회지 43(1), pp.96-101.
5. 농림부, 농어촌진흥공사, 1999, 온실구조 설계 기준 및 해설.
6. 대한건축학회, 1998, 강관구조 설계기준 및 해설, 기문당, pp.64-146.
7. 중앙재해대책본부, 2001, 폭설피해 복구계획서.
8. 이석건, 김문기, 서원명 외6인, 1995, 원예시설의 구조안전기준 작성, 농어촌진흥공사 농어촌연구원, pp.260.
9. 최재진, 전찬기, 김기형, 1997, 구조재료실험법, 원창출판사, pp.297-327.
10. 한국강관협회, 1989, 강관구조편람, 건설도서, pp.363-389.
11. 小川秀雄, 津下一英, 佐藤義和, 1989, 파이프하우스의強度に關する實驗的研究(1), 農業施設 19(3), pp.173-182.
12. 小川秀雄, 津下一英, 佐藤義和, 1990, 파이프하우스의強度に關する實驗的研究(2), 農業施設 20(3), pp.262-269.
13. 日本施設園藝協會, 1999, 地中押し込み式パイプハウス安全構造指針, pp.57.
14. 日本施設園藝協會, 1999, 園藝用鐵骨補強パイプハウス安全構造指針, pp.55.