

# 파이프골조 온실의 조립연결구 내력에 관한 실험적 연구

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

남 상 운\*(충남대) · 김 문 기 · 권 혁 진(서울대)

Nam, Sang Woon\* · Kim, Moon Ki · Kwon, Hyuck Jin

### 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. The collapse load of pipes connected with a joint pin was lower than that of single pipes. 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.

### 1. 서 론

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 3,418ha가 파손되어 2,228억원의 피해를 입은 바가 있으며, 2000년 8월말~9월 중순에 걸친 2회의 태풍으로 529ha의 비닐하우스가 파손되는 피해를 경험한 바가 있다.

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 상대적으로 낙후되어 있으며, 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) 조리개

조리개는 도리 및 서까래 파이프를 연결할 때 쓰이는 강선재 연결구이다. 파이프 골조 온실로 가장 많이 사용되고 있는 25.4mm 파이프용의 조리개를 이용하여 내력을 시험하였다. 2개의 파이프를 조리개를 이용하여 직각으로 조립한 후 시험기에 설치하고, 종방향의 파이프에 하중을 재하하여 연결부에 힘을 가하였다. 조리개의 강선은 방향에 따라 다르기 때문에 단부를 상, 하, 좌우 3방향으로 세팅하여 각 방향으로 4회의 실험을 실시하였다.

### 2) 연결핀

연결핀은 2개의 파이프를 직렬로 연결할 때 사용하는 연결구로서 25.4mm 파이프용 연결핀의 내력을 시험하였으며, 연결핀의 규격은 외경 21.5mm, 두께 2.2mm, 길이 125mm 이다. 연결핀 부분에 직접 힘을 가하면 힘을 가한 부분의 파이프가 편평하게 변형되면서 핀과 파이프 사이의 접촉상태가 달라질 수 있으므로 연결부분에는 휨모멘트만 작용하도록 3등분점 재하 시험을 실시하였다. 재하장치의 지간은 450mm, 재하점간 간격은 150mm로 하였다.

### 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 1.0m로 주파이프를 끼울 수 있도록 한쪽을 가공한 것으로서 가공부위는 삽입길이 66mm, 외경 21.6mm, 두께 2.1mm이다. 이 부분은 주로 휨에 저항하므로 연결핀과 같은 방법으로 내력 시험을 실시하였다. 또한 폭풍시 매설부분이 인발력에 저항하면서 연결부위에 인장력이 작용하기 때문에 보통 직경 3.5mm인 1개의 나사못으로 고정하는데 이에 대한 안전을 구조역학적으로 검토하였다.

### 4) 연동꽂이

연동의 파이프 골조 온실은 48.1mm 파이프로 기둥과 물받이 보를 형성한 후 물받이 보에 60cm 간격으로 25.4mm 파이프를 조립하여 서까래를 구성하는 형식으로 되어 있다. 이때 연동온실의 물받이 보와 서까래 파이프를 연결하는 조립구를 연동꽂이라고 한다. 두께 3.0mm의 강판을 48.1mm 파이프에 감을 수 있도록 가공하여 10mm 볼트로 체결하도록 되어 있으며 반대편에 약 90°의 각도로 길이 64mm, 외경 21.2mm, 두께 1.7mm의 꽂음쇠가 부착되어 있다. 내력 시험은 연동꽂이를 조립하여 뒤집어서 휨시험 장치에 설치한 후 중앙점 재하방식으로 휨저항력을 측정하였다. 이때 지간 길이는 250mm로 하였다.

### 5) T클램프

T클램프는 파이프 골조 연동온실의 기둥과 물받이 보를 조립 연결하는데 사용하는 금속재 연결구이다. 48.1mm 파이프를 T자 형으로 연결할 수 있도록 두께 3.0mm의 강판을 둥근 T형으로 가공한 것을 양쪽에 대고 10mm 볼트로 체결하도록 되어 있다. 내력 시험은 48.1mm 파이프를 T클램프를 이용하여 양방향으로 조립한 후 휨시험 장치에 설치하여 3등분점 재하방식으로 저항모멘트를 측정하였다. 이때 지간 길이와 재하방식은 연결핀 시험과 동일한 것으로 하였다. 이상의 모든 시험은 만능 강도 시험기(Universal Testing Machine, Z100)를 이용하였다.

### III. 결과 및 고찰

조리개의 연결 내력 시험 결과 상방향으로 설치한 경우가 내력이 가장 커서 직선 구간에서의 내력은 64.7kgf, 최대내력은 95.3kgf으로 나타났다(Table 1, Fig. 1). 하방향과 좌우방향은 큰 차이가 없었으나 상방향의 37~45% 정도로 작게 나타났다. 이론계산에 의하면 주파이프의 면외방향으로의 이동을 막기 위해서는 6.0kgf 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.

연결핀으로 연결한 파이프의 붕괴하중은 평균 321.0kgf으로 단일파이프의 90% 정도로 작았으나 지주파이프의 경우는 오히려 453.9kgf으로 크게 나타났다(Table 2). 단일파이프에 대한 강성(kgf/mm)비는 연결핀 1.82, 지주파이프 1.44로 높게 나타났다. 강성이 크므로 휨모멘트가 크게 걸리지 않는다면 처짐이 발생하기 쉬운 곳에 유리하지만 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 약간 감소하지만 단일파이프에 비하여 27% 정도 크므로 휨저항에 문제가 없는 것으로 판단된다. 지주파이프의 연결부 인장력은 직경 3.5mm인 나사못 1개의 전단력으로 저항하게 되고, 이때의 허용전단력은 약 87kgf이다. 파이프 온실의 파이프 1개당 인발력은 풍속 40m/s에서 57.6kgf 정도이므로 충분히 저항할 수 있다.

연동꽃이의 휨저항력 시험 결과 붕괴하중은  $367.6 \pm 53.0$ kgf으로 나타났다(Fig. 3). 같은 지간 길이의 휨시험에서 단일파이프의 붕괴하중은 381.7kgf인 것에 비하면 96.3% 정도로서 다소 작게 나타나고 있다. 연동꽃이는 주 골조를 구성하는 연결요소이므로 단일파이프 이상의 내력을

Table 1. Experimental results for pipe connectors made of metal wire.

Loading direction	Tan. strength		Max. strength		$P_{max}/P$
	P(kgf)	Deviation	$P_{max}$ (kgf)	Deviation	
Up	64.7	$\pm 6.7$	95.3	$\pm 16.1$	1.47
Down	28.2	$\pm 5.8$	42.4	$\pm 8.7$	1.50
Sidelong	28.0	$\pm 4.0$	35.5	$\pm 6.1$	1.27

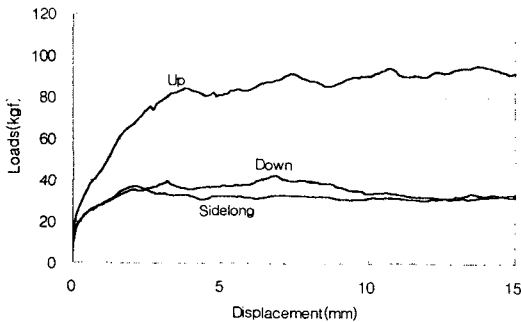


Fig. 1. Joint strength for pipe connectors made of metal wire.

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	$\pm 8.3$	0.90	12.3	1.82
Pole pipe	453.9	$\pm 3.9$	1.27	22.0	1.44
Single pipe	358.0	$\pm 20.6$	1.00	25.0	1.00

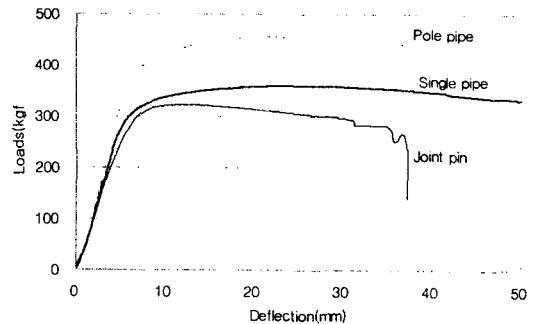


Fig. 2. Load-deflection curves obtained by bending test of joint pin and pole pipe.

가지도록 좀더 강화할 필요가 있을 것으로 판단된다. T클램프의 저항모멘트 시험 결과 최대하중은  $98.2 \pm 7.2 \text{kgf}$ , 저항모멘트는  $368.2 \pm 25 \text{kgf} \cdot \text{cm}$ 로 나타났다(Fig. 13). 이것은 서까래에 사용되는 단일파이프의 저항모멘트  $2685 \text{kgf} \cdot \text{cm}$ 의 13.7%에 불과한 값이다. 연동온실의 경우 T클램프에서 서까래로부터 전달되는 모멘트를 부담해야 한다. 좌우 대칭 모멘트인 경우에는 연동꽃이에서 저항하므로 관계없으나 연동 곡부의 편심하중으로 비대칭 모멘트가 발생될 경우에는 T클램프 연결부분에 회전력이 발생되므로, 회전을 구속할 필요가 있을 것으로 판단된다.

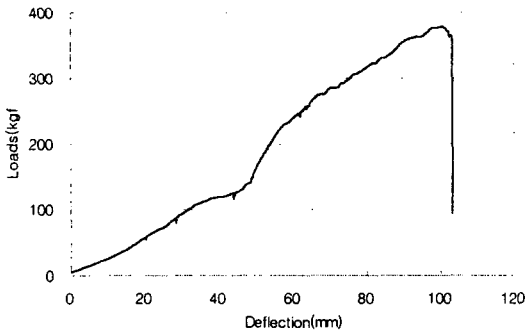


Fig. 3. An example of load-deflection curve for a multi span insertion joint.

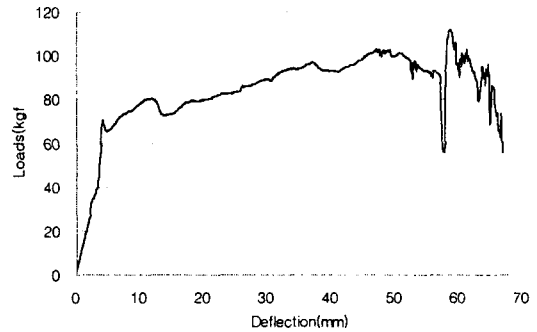


Fig. 4. An example of load-deflection curve for a T-clamp joint.

#### IV. 요약 및 결론

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. 연결편을 사용한 파이프의 붕괴하중은 단일파이프의 90%, 강성은 1.82배로 나타나 처짐 발생이 쉬운 곳에는 유리하지만 큰 휨모멘트를 받는 곳은 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 주 골조를 구성하는 연결요소이므로 단일파이프 이상의 내력을 가지도록 강화할 필요가 있다.
5. T클램프의 저항모멘트는 서까래에 사용되는 단일파이프의 13.7%에 불과한 것으로 나타나 연동곡부의 편심하중으로 비대칭모멘트가 발생될 경우 회전을 구속할 필요가 있다.

#### 참고문헌

1. 김문기, 남상운, 1995, 파이프하우스의 구조안전에 관한 실험적 연구, 생물시설환경 4; 17-24.
2. 김문기, 신만균, 정두호, 1995, 시설구조의 기준화 및 작물재배연구, 농촌진흥청, pp.220.
3. 남상운, 2001, 파이프 골조 온실 구조물의 표준내용연수 연구, 농공학회지 43(1), pp.96-101.
4. 대한건축학회, 1998, 강관구조 설계기준 및 해설, 기문당, pp.64-146.
5. 중앙재해대책본부, 2001, 폭설피해 복구계획서.
6. 小川秀雄 外, 1990, 파이프하우스의強度に關する實驗的研究(2), 農業施設 20(3), pp.262-269.
7. 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.