

태풍에 의한 온실구조재의 변형도 고찰

A Study on the Strain of Greenhouse Frame by Typhoon

이 수 근* · 윤 용 철 · 서 원 명(경상대)

Lee, Su Guen · Yoon, Yong Cheol · Suh, Won Myung

Abstract

This research was performed to study the actual behavior of 1-2W type pipe greenhouse under the influence of typhoon by measuring the various strains in structural materials. These results can eventually be utilized in the design criteria as well as in the modification of conventional equation for calculating more realistic wind loads.

The first data under the influence of Typhoon Olga arrived in Jinju on Aug. 1999 were obtained by strain gage with 10 sensor points. According to the data obtained, the typical variation of strain depending on wind pattern could be observed. The strains in structural frame were fluctuated very sensitively depending on the direction and magnitude of wind velocity. But some of the data were lost or missed by system's failure. A kind of inherent vibration pattern of greenhouse pipe frame was observed from the plotted data, but this phenomenon is not so clear as to be separated from the overall fluctuation so far.

This experimental research is expected to be continued as a long term project to measure and analyze the strain pattern of structural frame depending on the various locations and section characteristics by way of adopting more efficient instrument with sufficient number of measuring points and accuracy.

I. 서론

1999년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (1999년 10월 16일)

현재 농가에 많이 보급되어 있는 플라스틱피복 파이프 온실은 폭설이나 돌풍을 비롯한 강풍하에 놓이게 되면, 피복재의 파손이나 구조적인 붕괴현상으로 인하여 온실내 재배작물이 치명적인 피해를 입는 경우가 발생하게 된다. 실례로 1994년 2월 12일의 폭설과 1995년 7월 23일의 태풍 등 최근 2년을 연속하여 폭풍이나 강풍으로 막대한 피해를 경험한 바 있으며, 1997년 11월 12일의 나주 돌풍, 1998년 1월 8일 서부 경남지역의 강풍을 동반한 폭설, 1999년 8월 3일에 상륙한 태풍 올가 등은 온실과 같은 정량구조물의 안전을 크게 위협하고 있다.

지금까지 온실의 설계는 기존의 설계이론식을 바탕으로 관습적으로 이루어져 왔다. 물론 이러한 이론식들이 갖는 타당성을 무시할 수는 없으나, 실제 상황과 상당한 차이가 있음은 분명하며, 특히 불확실한 요인들을 감안하는 과정에서 안전도를 지나치게 고려함으로써 과잉설계되는 경향이 있었다.

본 연구에서는 온실의 설계를 보다 경제적이고 안전하게 수행하기 위하여 폭설이나 태풍하에서의 온실구조의 역학적인 거동을 측정하고, 측정된 자료를 바탕으로 관행적으로 활용되어 온 이론식을 보다 현실적으로 보완하는 데 목적을 두고 있다.

따라서 본 연구에서는 이와 같은 문제점을 보완하기 위한 일환으로 우선 태풍 올가에 의한 온실의 주요 구조재의 변형도를 실측 및 분석한 결과를 소개한다.

II. 태풍의 통과경로 및 피해상황

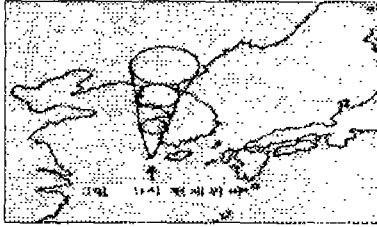
1. 태풍의 통과경로

제7호 태풍 올가(OLGA)는 1999년 8월 3일 09시경 제주도에 상륙한 후, 동일 24시경 인천 앞바다를 지나갈 때까지 중심기압 975~980hPa, 중심부근 최대순간풍속 26~30m/s(43m/s ; 마라도)를 유지하면서 한반도 전반에 많은 피해를 입혔다.

실험 온실에서 약 4km 거리에 있는 진주기상대의 측정에 의하면, 당시 진주지역의 최대풍속은 15.8m/s(15:40 경)이었고, 최대순간풍속은 31.2m/s(15:30)이었으며, 태풍 올가의 진로는 Fig. 1과 같았다.

2. 피해상황

태풍 올가에 의한 온실의 피해면적이나 피해액에 대한 전국적인 자료는 아



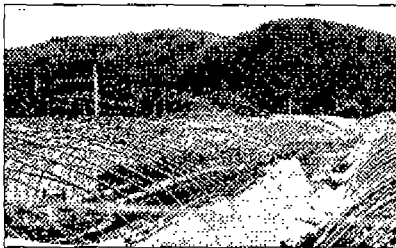
직 입수하지 못하였지만, 현재까지 입수된 제주도, 진남 및 경남의 온실의 피해면적은 각각 약 108ha, 770ha(11,839동) 및 97ha(1,905동)이고, 피해액은 각각 약 46억, 582억 및 69억 이었다. 단, 이상의 자료에는 7월 23일~7월 30일에 발생하였던 폭우 피해도 포함되어 있다.

Fig. 1. Path of the typhoon OLGA.

Fig. 2는 울가에 의하여 발생한 전형적인 온실의 피해현상을 촬영한 것이다.



(a) 1-2W pipegreenhouses



(b) Pipe greenhouses

(c) Glass greenhouse

Fig. 2. Damaged greenhouses in Kyeong-nam.

하절기 강풍에 의한 온실피해의 대부분은 피복재의 파손과 구조재의 붕괴로 인한 것임은 널리 알려져 있다. Fig. 2의 (a), (b)와 같은 피해온실의 대부분은 작물이 재배되지 않는 경우, 일반적으로 이러한 온실은 동절기에 피복재를 교체하여 작물을 재배하기 때문에 피복재 자체의 파손 피해는 별 문제가 되지 않는다. 그러나 구조적인 피해사례중에는 피복된 상태로 방치된 온실인 점을 고려한다면, 태풍피해가 예상되는 하절기에 작물이 재배되지 않은 온실에 대

해서는 미리 피복재를 제거하는 것이 구조적인 피해예방에 도움이 될 것으로 판단된다. 반면에 하절기에도 작물이 재배되거나 피복재를 그대로 보존할 필요가 있는 경우는 적극적인 방풍대책을 세워야 한다. 경남 기제 등에서는 강풍에 의한 피해가 매년 발생하기 때문에 온실의 꼭부전체를 보호망으로 덮어 두기도 한다.

파이프 온실의 피해유형은 지난 페이호 태풍 때와 큰 차이가 없었으나 Fig. 2의 (c)와 같은 wide span 온실(7연동, 1,500평)의 피해는 진주 인근 지역에서 발생한 한 예로서, 두께 4mm의 유리가 100여장 파손되었다. 현장 조사 결과로 볼 때, 강풍으로 인하여 특정 부위의 유리가 파손되면 온실내로 바람이 유입되면서 연쇄적으로 유리가 파손되는 것으로 판단되었다. 특히 이 때, 유리의 고정상태가 불량할 경우에는 피해정도가 더욱 클 것으로 예상된다.

III. 실험장치 및 방법

1. 실험장치

실험에 이용된 온실은 경상대학교내에 설치된 단위 폭 5.4m, 길이 20m, 측고 3m, 동고 5m인 1-2W형 2연동 플라스틱 파이프 온실로서 측정시 온실의 모든 환기창은 닫힌 상태였다. 그리고 본 실험에 사용된 계측장치의 구성은 센서부(스트레인 게이지), 데이터 처리부 및 컴퓨터로 이루어져 있다.

실험에 사용된 연강용 스트레인 게이지(FLA-5·120-11-1L)는 길이 5mm, 폭 1mm이고, 게이지 저항 119.8 Ω 정도로서 리드선 1m가 부착된 일반용 게이지이다. 그리고 Bridge회로의 구성은 인장 및 압축에 대한 변형도를 제거하고 휨 변형도만을 측정하는 2게이지 2액티브법을 사용하였다.

게이지에서 데이터 처리 장치인 AMP까지의 리드선은 2선식 2게조의 실드선을 사용하였으며, 이 때 연장된 리드선의 길이는 35m이다. 스트레인 게이지의 재원은 Table 1과 같다.

데이터 처리부로 사용한 계측장치(NEC, AH1100-1 AMP, 10ch)는 자체적으로 측도설정 기능을 갖고 있다. 즉, 변형도를 실측하기 전에 zero balance 버튼으로 영점이 조정된다. 그리고 외부출력이나 저장을 위한 통신장치(RS-232C)에 의해 AMP와 OMNIACE(NEC, RT3216N)으로 측정된 데이터가 컴퓨터로 전송된다. 만약 구조재에 어떤 크기의 휨이 가해지면, 스트레인 게이지는 이 휨을 저항으로 감지하고, 이 저항값이 브릿지 박스에서 전압으로 변환된다. 이렇게 변환된 전압은 증폭된 후, OMNIACE를 통하여 스트레인으로 Table 1. Specification of strain gauge. 변환된다.

Items	Specification
Type	FLA-5·120-11-3L
Lot no.	A510611
Gauge factor	$2.13 \pm 1\%$
Gauge length	5 mm
Gauge resistance	$119.8 \pm 0.5\Omega$
Test condition	23°C 50%RH

2. 실험방법

풍하중 하에서 온실 중간부 구조재의 변형도를 측정하기 위하여 Fig. 3과 같이 위치별로 총 10개소를 우선 선정하여 스트레인 게이지를 부착하고, 1m의 리드선 끝에

실드된 리드선으로 연장(35m)하여 브릿지 박스에 연결하였다. 그림에서 ①,

②, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧, ⑨ 및 ⑩번은 온실길이 방향의 기둥 및 서가래 연결부 인근이고 ③번과 ④번은 곡부품 압력이 비교적 크게 작용하는 온실의 천정부이다. 그리고 온실 곡부 서가래와 기둥재의 내경은 각각 19.8mm 및 44.0mm이고, 그 두께는 각각 1.2mm 및 2.1mm이다.

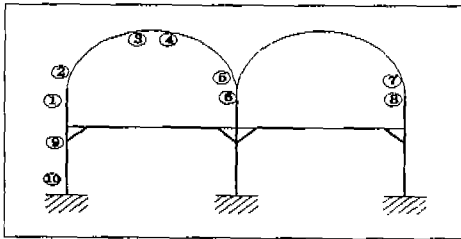


Fig. 3. Location of strain gauges.

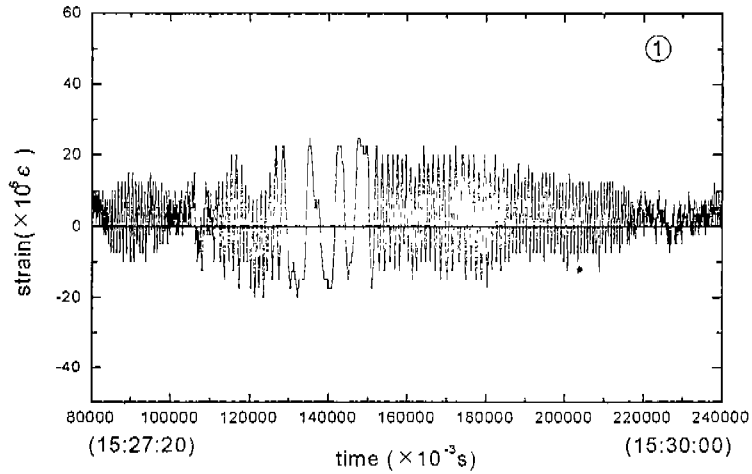
gauges.

IV. 결과 및 고찰

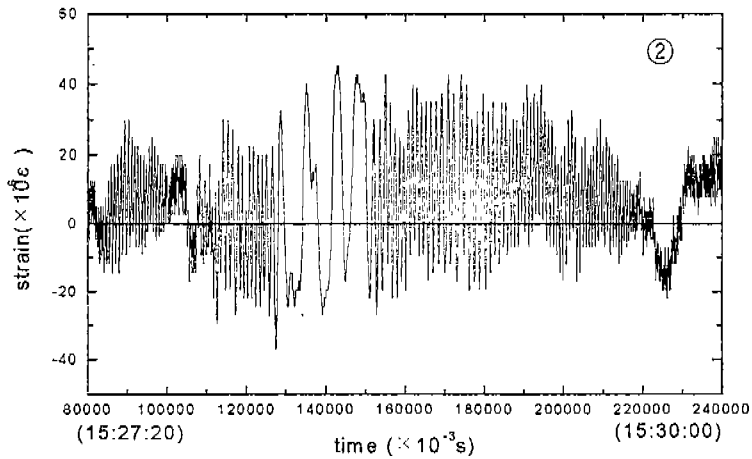
Fig. 4는 태풍 올가(OLGA)가 진주지역를 통과할 때, 온실구조재의 변형도를 실측한 결과를 나타낸 것이다. 실제로 수행한 변형도의 측정은 태풍이 시작되기 전인 09:00부터 태풍이 거의 소멸된 18:00까지 총 9시간 동안 이루어졌다. 실측결과 변형도의 변화양상은 구조재의 위치에 관계없이 거의 유사하였다. 그림에서 ①은 기둥의 상단부로서 상대적으로 작은 변형도를 보인 반면에 ②는 곡부의 시작부로서 부재가 가는 만큼 상대적으로 큰 변형도를 보이고 있다.

그리고 변형도의 변화를 태풍이 내습하기 전후와 직접 영향을 받을 때로 나누어 시간대별로 나타낸 것이 Fig. 5이다.

Fig. 4를 살펴보면, 전반적으로 풍향에 따라 정·부의 변형도를 연속적으로 보이면서 어떤 고유의 진동현상을 동반하고 있음을 추정할 수 있다. 즉, 어떤 구조물을 수평진동한 경우와 같이 변형도가 마치 어떤 주파수 범위를 나타내는 듯한 양상이다. 이것은 풍하중이 순간적이고 반복적으로 작용했음은 물론 비록 현재로서는 단정하기가 어렵지만, 온실 자체가 가지고 있는 고유진동수도 어느 정도 영향을 받은 것으로 생각된다. 특히, Fig. 4에서 15시 28분 전후($140,000 \times 10^{-3}s$)는 변형도가 정에서 부의 혹은 이와 역의 방향으로 전환되는 주기가 다른 시간대에 비해 상당히 길다.



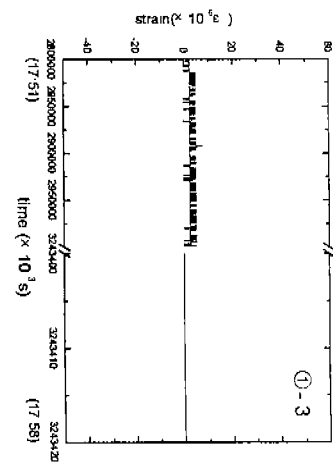
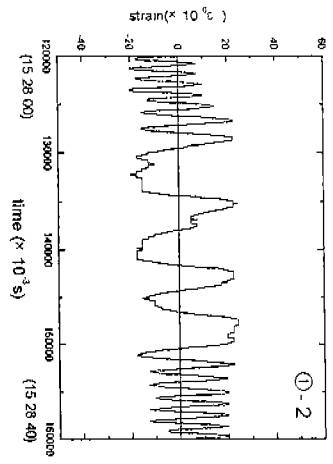
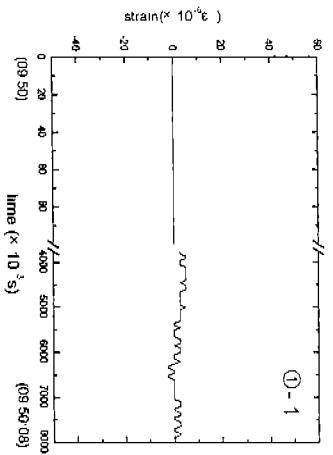
(a) Strain of frame ①



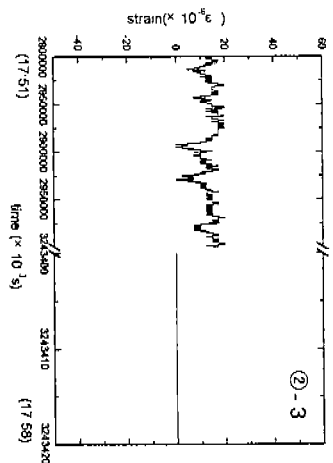
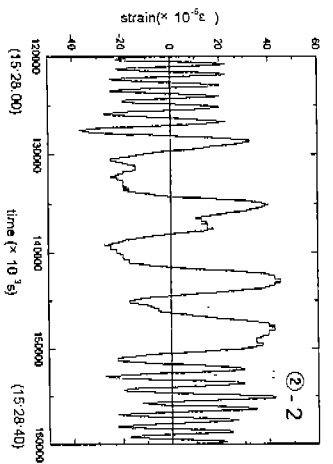
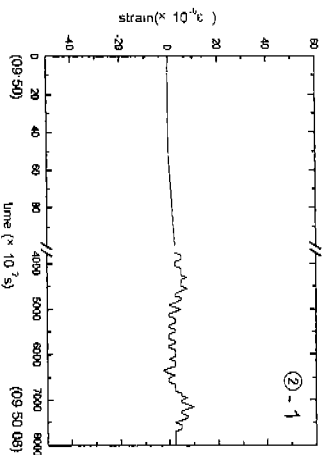
(b) Strain of frame ②

Fig. 4. Variation of strain in greenhouse frames.

Fig. 5에서 알 수 있듯이 태풍의 영향을 받기 전후에는 변형도가 전혀 없고, 태풍의 영향권에 접어 들면서 조금씩 변형도가 증가하여 최대로 되었다가 태풍의 영향권에서 멀어지면서 변형도가 서서히 소멸된다. 이번 태풍의 경우 변형도가 최대치 주변에 머무르는 시간은 20초 전후로서 극히 짧은 것을 알 수 있다. 이것 또한 태풍의 양상에 따라 달라질 것이므로 이번의 측정만으로 온실의 변형도를 추정하기는 어렵지만, 온실의 기초가 뽐히거나 휘면서 전파되는 현상은 지극히 짧은 순간에 발생할 것임을 유추할 수 있을 것 같다.



(a) Strain of frame ①



(b) Strain of frame ②

Fig. 5. Variation of strain in greenhouse frames

Table 2는 실측한 변형도를 요약한 것으로서, ②번 위치에서 최대 변형도 범위인 약 82×10^{-6} 을 보였고, ①번 위치에서는 최소 변형도 범위인 45×10^{-6} 을 나타냈다. 전체적으로 최대 변형도가 발생된 곳은 ③번 위치로서 60×10^{-6} 이 었다.

Table 2. Strain of greenhouse frames. (unit ; $\times 10^{-6}$)

Gauge	Minus	Plus	Range
①	-20	25	45
②	-37	45	82
③	-15	60	74
④	-18	43	60
⑤	-25	25	50
⑥	-35	37	72
⑦	-48	20	65
⑧	-38	25	62

이상의 결과는 제한된 측정용 채널 수 때문에 다양한 위치별 측정이 어려웠고 특히, 최대 휨변형을 기대했던 곳에서는 sensor 및 기계적인 오작동으로 원하는 자료를 확보할 수가 없었다. 따라서 좀 더 다양한 측점에 대하여 여러 가지 상이한 태풍하에서의 변화를 지속적으로 측정하고 분석해야 할 것으로 판단된다. 특히 가속

도계를 이용한 온실의 고유진동수도 동시에 측정하여 동시에 분석해야 할 것으로 판단된다.

V. 결과

본 연구는 자연재해로부터 온실의 구조적인 피해를 최대한 줄임은 물론, 안전하고 경제적인 온실설계를 위한 연구의 일환으로 태풍 올가의 영향하에서 온실의 주요 구조재에 발생하는 변형도를 연속적으로 실측한 후, 결과를 분석하였다.

측정결과 스트레인 게이지의 위치에 관계없이 구조재의 변형도는 순간적으로 정에서 부의 방향 혹은 부에서 정의 방향으로 진동하는 변화양상을 보였다. 또한 태풍의 영향권에 접어들기 전후, 그리고 태풍의 영향권 하에서의 변형도의 변화양상을 명확히 관찰할 수 있었으며, 부재의 단면크기는 물론 게이지의 부착위치에 따른 변형도의 차이를 발견할 수 있었다.

앞으로 충분한 측정수를 확보함은 물론 구조재 위치별로 변형도를 측정하여 비교분석할 필요가 있으며, 특히 증장기적으로 다양한 태풍을 대상으로 지속적인 검토가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 윤용철, 서원명, 윤충섭. 1995. 시설원예용 플라스틱 하우스의 태풍피해에 관한 연구. 한국생물생산시설환경학회 第4卷 第2號. pp. 167~174
2. 구조물의 계측기술 이론과 피로응력도 측정요령. (주)세양건설링 부설 계측기술연구소
3. WINEOW. A.L. 1992. Strain gauge technology