

## 소형 파이프하우스의 구조안정성 향상을 위한 모델 개발 Development of Model for Structural Stability Improvement of Small-Scale Pipe Greenhouse

이석건, 이종원\*, 이현우, 곽철순

경북대학교 농업토목공학과

S. G. Lee · J. W. Lee\* · H. W. Lee

Department of Agricultural Civil Eng., Kyungpook National Univ.,  
Daegu, 702-701

### 서 론

2004년말 기준으로 국내의 시설재배면적은 51,280.7ha에 이르고 있으며, 이 가운데 약 80%가 채소를 재배하고 있는 단동비닐하우스이다. 이러한 단동비닐하우스는 저렴한 시설 설치비와 시공의 간편성으로 농가에서 많이 사용하고 있는 실정이다. 하지만 구조의 경량성으로 인하여 기상재해에 취약한 실정이며 매년 폭설로 인하여 많은 피해가 발생하고 있다. 국내에서 일반적으로 시공되고 있는 소형 파이프하우스는 폭 4.8m~8.2m, 처마높이 1.1m~1.7m, 곡부높이 1.2m~2.3m인 것이 주를 이루고 있으며, 일본의 경우에는 폭 3.6m~7.2m, 처마높이 1.2m~1.9m, 곡부높이 0.8m~1.4m의 온실이 주를 이루고 있다. 소형 파이프하우스의 형상에 따라 구조물이 버틸 수 있는 한계하중이 다르게 나타나므로 파이프하우스의 형상에 따른 구조해석이 필요할 것으로 판단된다. 온실의 폭과 곡부높이 변화에 따른 파이프하우스의 구조안정성을 분석한 연구사례는 일부 있으나 온실의 처마높이와 지붕높이 변화에 따른 하우스의 구조안정성을 분석한 연구결과는 전무한 실정이다. 따라서, 소형 파이프하우스의 처마와 지붕높이 변화가 구조안정성에 미치는 영향을 분석하여 구조안정성이 향상된 소형 파이프하우스를 개발하고자 본 연구를 수행하였다.

### 재료 및 방법

본 연구에 사용된 소형 파이프하우스는 그림 1에서 보는 바와 같으며 하우스의 폭은 570cm, 파이프 매입깊이는 30cm이며 하우스의 처마높이(h)를 80cm에서 20cm씩 증가하여

220cm까지 변화시키고 지붕높이( $h_e$ )를 80cm에서 10cm씩 증가하여 240cm까지 변화시킨 136개의 온실형태에 대하여 각 부위별 풍력계수를 고려한 단위하중(1.0kgf/cm)를 작용시켜 구조물의 단면력을 구하였다. 구조해석은 SAP2000을 이용하였으며 구조해석시 지점조건은 지하 30cm 고정으로 하였다.

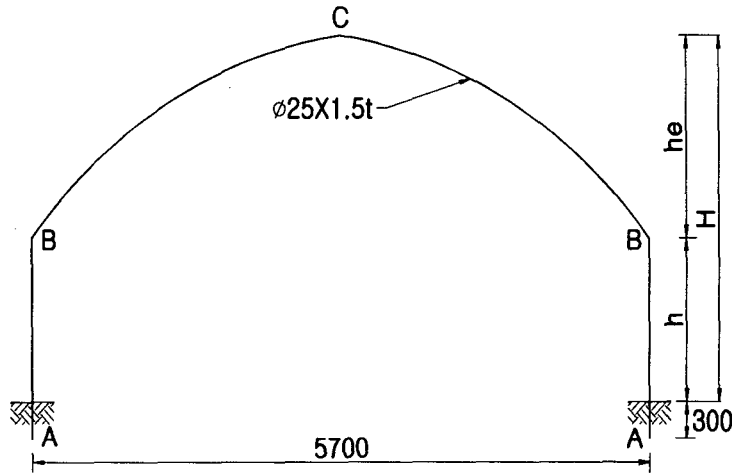


그림 1. 구조해석 소형파이프하우스 모델

## 결과 및 고찰

### 가. 처마높이별 최대휨모멘트 발생지점

그림 1과 같은 파이프하우스의 처마 및 곡부높이를 변화시켜 단위하중을 작용시켰을 때의 발생하는 휨모멘트선도는 그림 2와 같으며, 최대휨모멘트가 발생하는 부위는 표 1과 같다. 단위풍하중을 작용시켰을 경우 최대휨모멘트가 발생하는 부위는 처마 및 곡부높이에 상관없이 풍상측의 A지점에서 발생하였으며 단위설하중을 작용시켰을 경우에는 A지점과 B지점에서 최대휨모멘트가 발생하였다. 설하중을 작용시켰을 경우에는 처마높이가 100cm이하인 경우에는 최대휨모멘트가 A지점(지하 30cm)에서 발생하고 처마높이가 100cm보다 큰 경우에는 B지점에서 발생하는 것으로 나타났다.

설하중으로 인한 소형 파이프하우스의 파손양상을 고려할 경우에는 최대휨모멘트가 B지점에서 발생하도록 하우스를 설계하는 것이 타당할 것으로 판단되며 지점부위인 A점에서 최대휨모멘트가 발생하도록 설계할 경우에는 과다설계가 될 수 있을 것이다.

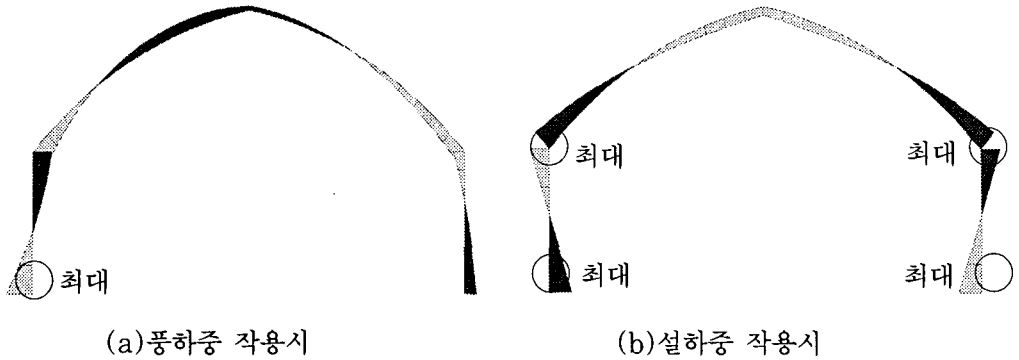


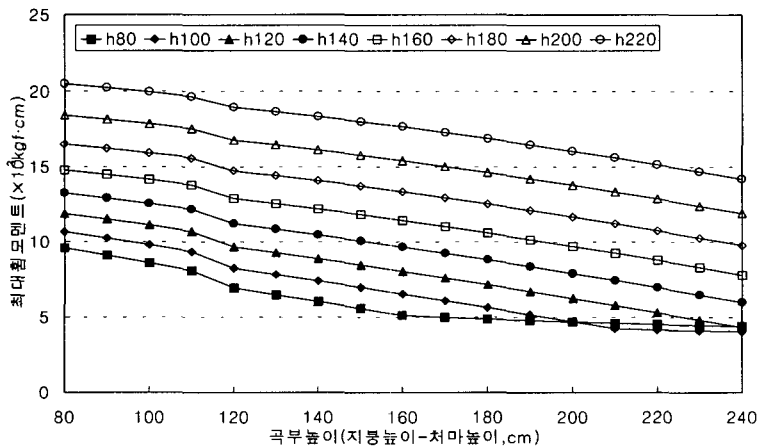
그림 2. 하중별 휨모멘트선도

표 1. 처마높이별 최대휨모멘트 발생지점

처마높이	80cm	100cm	120cm	140cm	160cm	180cm	200cm	220cm
풍 하 중	A(풍상)	A(풍상)	A	A	A	A	A	A
설 하 중	A	A	B	B	B	B	B	B

### 나. 처마 및 곡부높이별 최대휨모멘트

단위풍하중을 작용시켰을 때 폭이 570cm인 소형 파이프하우스의 처마 및 곡부높이에 따른 최대휨모멘트를 계산한 결과는 그림 3과 같으며, 부재에 발생하는 최대휨모멘트는 처마높이가 증가할수록 증가하였으나 곡부높이가 증가할수록 감소하는 경향으로 나타나 소형 파이프하우스의 지붕높이가 결정되었을 경우에 처마높이 보다는 곡부높이를 높게하는 것이 구조안정성에 유리한 것으로 판단된다.



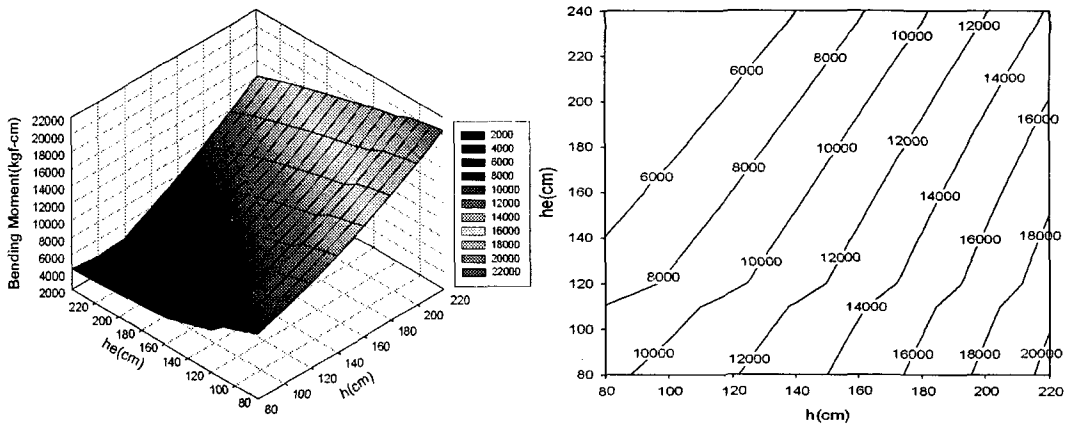
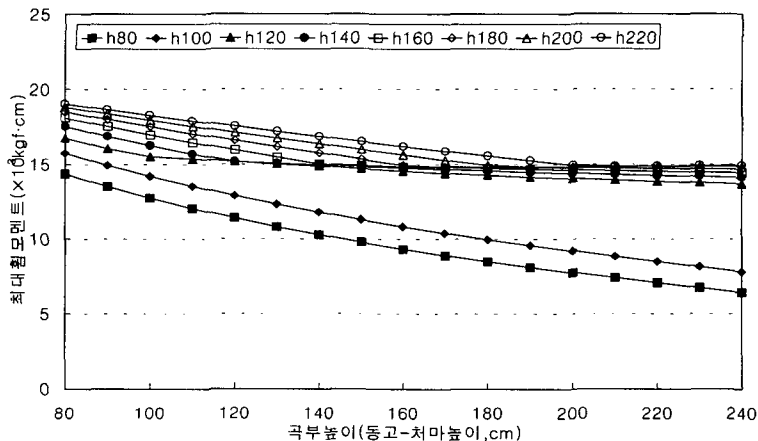


그림 3. 단위풍하중 작용시 처마 및 곡부높이에 따른 최대휨모멘트 변화

단위설하중을 작용시켰을 때 폭이 570cm인 소형 파이프하우스의 처마 및 곡부높이에 따른 최대휨모멘트를 계산한 결과는 그림 4와 같으며, 부재에 발생하는 최대휨모멘트는 처마높이가 증가할수록 증가하였으나 곡부높이가 증가할수록 감소하는 경향으로 나타났다. 부재의 최대휨모멘트가 지점에서 발생하는 처마높이 80cm와 100cm를 제외하고는 곡부높이가 처마높이의 1.1~1.2배 될때까지는 최대휨모멘트는 계속 감소하다가 일정하게 발생하는 것으로 나타났다. 그리고, 처마높이가 증가할수록 최대휨모멘트의 증가량은 감소하는 것으로 나타났으며 곡부높이 변화에 따른 최대휨모멘트 감소량보다는 적은 것으로 나타나 소형 파이프하우스의 구조안정성에 있어서는 처마높이보다는 곡부높이가 우선적으로 고려되어야 하며, 동일한 지붕 높이의 하우스에 있어서 최소한 곡부높이와 처마높이비가 1.1~1.2가 되는 것이 구조안정성에 유리한 것으로 나타났다.



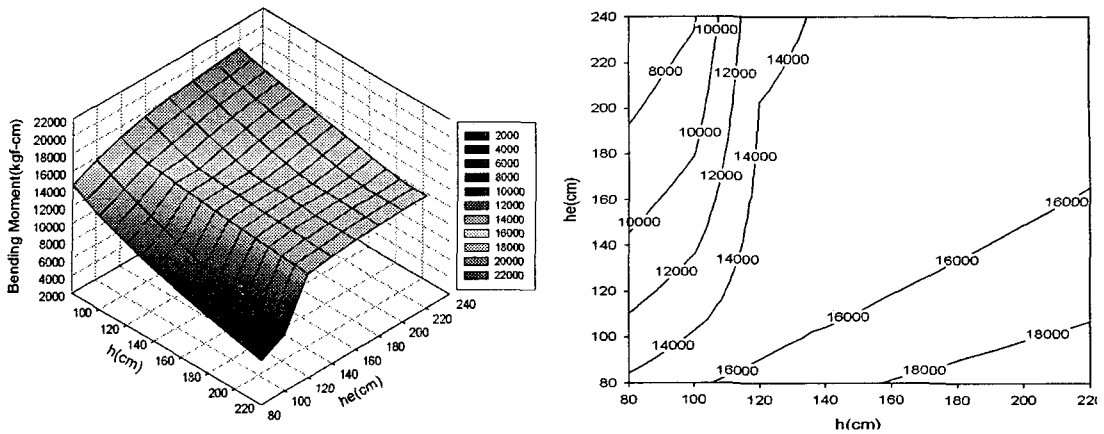
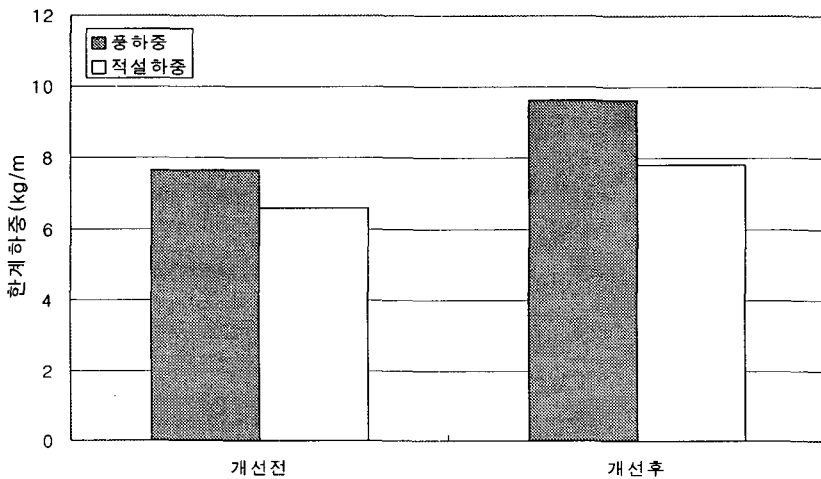


그림 4. 단위설하중 작용시 처마 및 곡부높이에 따른 최대휨모멘트 변화

#### 다. 곡부/처마높이가 다르고 지붕높이가 동일한 파이프하우스의 한계하중 분석 예

폭 6.5m, 처마높이 1.6m 및 지붕높이 1.4m의 농가지도형 비닐하우스 D형을 처마높이를 1.4m, 곡부높이를 1.6m로 하였을 경우에 하우스가 견딜 수 있는 한계하중을 구한 결과는 그림 5와 같다. 곡부높이를 처마높이 1.4m보다 높게 1.6m로 개선하면 한계하중이 풍하중은 26%, 적설하중은 19% 증가하는 것으로 나타났다.



### 요약 및 결론

소형 파이프하우스의 구조안정성을 향상시킬 수 있는 방안을 모색하고자 폭이 570cm인 파이프하우스의 처마높이와 곡부높이를 다양하게 변화시키면서 부재에 발생하는 최대휨모멘트를

분석하였다. 최대휨모멘트가 발생하는 부위는 풍하중의 경우에는 지점(풍상측 A)이었으며 적설하중의 경우에는 처마높이가 100cm이하에서는 지점(A)에서 발생하였으나 처마높이가 100cm보다 큰 경우에는 곡부높이에 상관없이 처마(B)에서 발생하였다. 그리고, 부재에 발생하는 최대휨모멘트는 처마높이와 비례적으로 변화하였으나 곡부높이와는 반비례적인 것으로 나타나 처마높이를 낮게하고 곡부높이를 높게할수록 파이프하우스의 구조안정성을 향상되는 것으로 나타났다.

실례로 폭이 6.5m이고 처마높이가 1.6m, 곡부높이가 1.4m인 파이프 하우스를 처마높이 1.4m, 곡부높이 1.6m로 개선하였을 경우에 파이프하우스가 견딜 수 있는 한계하중이 풍하중은 26%, 적설하중은 19% 향상되는 것으로 나타났다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 소형 파이프하우스의 폭, 처마 및 곡부높이의 최적화를 통하여 구조안정성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.