

적설하중 재하시 좌굴을 고려한 파이프하우스의 구조해석 Structural Analysis of Pipe Greenhouse Under Snow Load Considering Buckling

이석건, 이종원*, 이현우
경북대학교 농업토목공학과

S. G. Lee · J. W. Lee* · H. W. Lee

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

서 론

비닐하우스용 아연도 강관을 주부재로 사용하고 있는 단동비닐하우스는 연동온실에 비해 적은 비용으로 간단하게 설치하여 사용할 수 있어 농가에서 선호하고 있다. 이러한 소형 파이프하우스는 구조의 경량성으로 인하여 강풍이나 폭설에 매우 취약한 실정이다. 최근 들어 폭설로 인한 하우스의 피해발생이 빈번하여 폭설피해 경감을 위한 대책수립이 요구되고 있으며, 폭설에 대한 여러 가지 하우스 보강대책이 제시되고 있다.

일반적으로 파이프하우스를 뼈대구조로 간주하여 부재의 최대휨모멘트에 대한 부재의 허용응력을 통한 구조해석과 설계를 수행하고 있으나 소형 파이프하우스의 구조는 직선부재로 된 측벽과 아치형상을 한 곡부로 나누어 생각할 수 있으므로 소형 파이프하우스와 보강방법의 구조해석시 아치형상에 대한 좌굴을 고려할 필요성이 있다. 따라서, 본 연구에서는 파이프하우스의 좌굴을 고려하지 않은 상태와 아치의 좌굴을 고려하였을 경우에 대하여 한계하중을 분석하였다.

재료 및 방법

폭이 540cm, 처마높이 120cm, 지붕높이 260cm인 파이프하우스를 기본모델로 하여 그림 1과 같이 보강유무 및 보강방법별로 단위하중을 작용시켜 구조해석을 수행하여 그림 2에서 보는 바와 같이 부재 절점 번호별로 휨모멘트를 비교하였다. 그리고, 분석모델별 한계하중을 최대휨모멘트를 이용한 방법(A), 곡부를 아치구조물로 간주하여 좌굴을 고려한 방법(B) 및

파이프하우스 전체를 아치구조물로 간주하여 좌굴을 고려한 방법(C)으로 계산하였다. 분석용 파이프하우스에 가장 근접한 아치모형은 그림 4에서 보는 바와 같으며, 곡부(지붕)부위 또는 하우스 전체를 아치구조물로 고려하여 포물선 아치의 임계좌굴하중을 산정하였으며 일반적으로 수직 등분포 하중을 받는 포물선 아치의 임계 좌굴하중은 Timoshenko(1961)의 식 (1), (2)를 사용하였다.

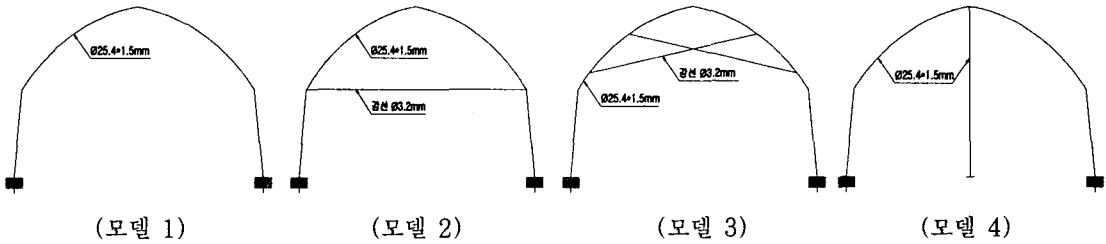


그림 1. 분석모델

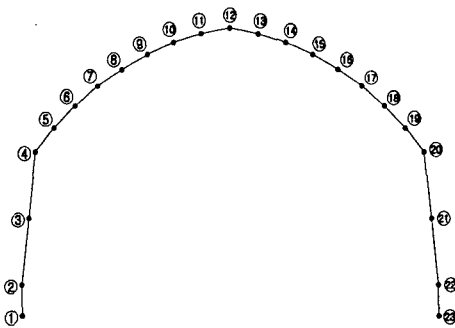


그림 2. 부재 절점번호

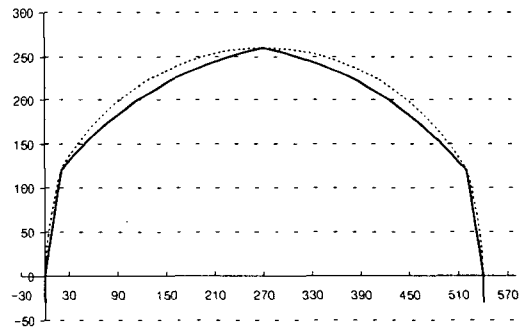


그림 3. 파이프하우스의 아치모형

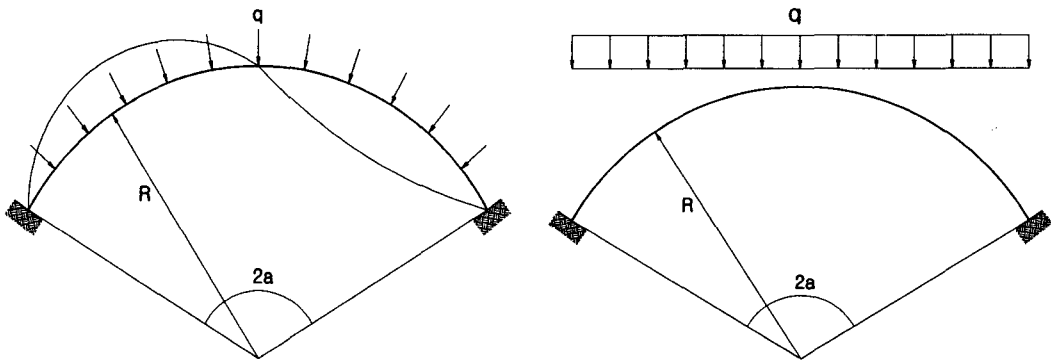


그림 4. 등분포 하중을 받는 포물선 아치

$$q_{cr} = \frac{EI}{R^3} \left(\frac{\pi^2}{a^2} - 1 \right) \quad (1)$$

$$q_{cr} = \gamma \frac{EI}{L^3} \quad (2)$$

여기서, E는 탄성계수, I는 단면2차모멘트, R은 아치의 반지름, 2a는 내부각, L은 아치 지간, γ 는 경계조건과 라이즈비에 따라 결정되는 좌굴계수이다.

결과 및 고찰

분석모델별로 단위적설하중을 적용시켜 구조해석을 수행하였을 때 온실의 변형 및 부재 절점별로 발생하는 휨모멘트는 그림 5와 그림 6과 같다. 그림 5에서 보는 바와 같이, 보강을 하지 않은 모델1의 변형이 가장 크게 발생하였으며 보강한 온실의 경우에는 변형이 거의 발생하지 않았다. 그리고, 부재 절점별로 발생하는 휨모멘트는 보강유무에 관계없이 지점, 처마 및 천정 절점에서 최대 휨모멘트가 발생하였고 최대변위는 최대휨모멘트가 발생하는 처마 및 천정 절점에서 나타났으며 보강을 하지 않은 온실에 비해 보강을 한 온실의 부재에 발생하는 휨모멘트가 현저히 감소하는 것으로 나타났다.

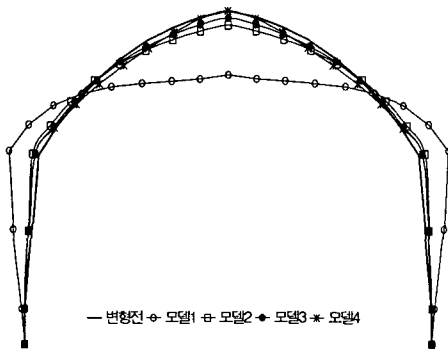


그림 5. 단위하중 작용시 변형도

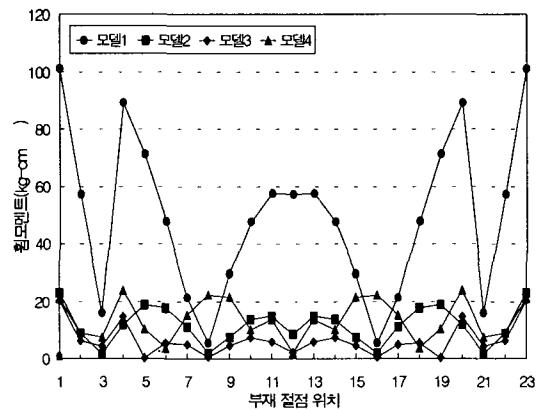


그림 6. 단위하중 작용시 절점별 휨모멘트

분석모델별 최대휨모멘트와 한계하중을 계산한 결과는 표 1과 같으며 보강을 할 경우에는 한계하중이 5배정도 증가하는 것으로 나타나 보강효과는 분명히 있는 것으로 나타났으나 실험 등을 통한 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

표 1. 보강 형태별 최대 변위량 및 휨모멘트

분석모델	1	2	3	4
최대휨모멘트 (kg-cm)	10,350	2,313	2,029	2,620
한계하중 (kg/cm)	10.17	43.97	50.13	38.82

기본 분석모델인 폭 5.4m, 처마높이 1.2m, 지붕높이 1.4m인 파이파하우스에 대하여 보강유무 및 보강방법별로 한계하중을 해석방법 A, B, C에 따라 구한 결과는 그림 7과 같다. 모델 4를 제외하고는 휨모멘트에 의한 산정한 한계하중이 아치의 좌굴해석으로 계산한 한계하중보다 높게 나타나 구조해석시 아치형상에 대한 좌굴을 고려할 필요가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 계산에 의한 것으로 향후 FEM 분석을 통한 아치형상에 대한 좌굴해석과 실험에 의한 한계하중 산정 등을 통한 검증이 필요할 것으로 판단된다.

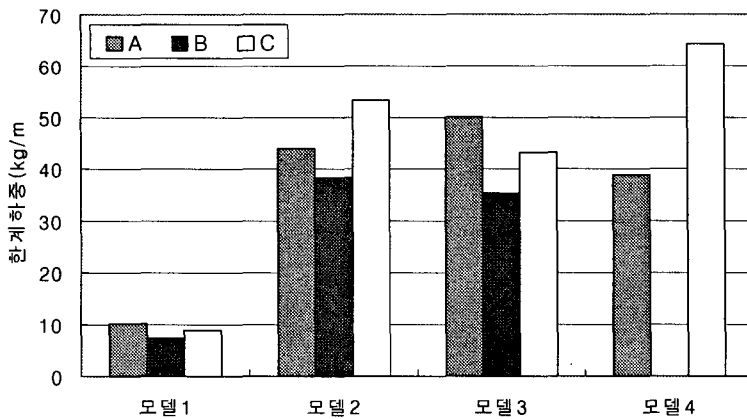


그림 7. 분석모델 및 해석방법별 한계하중 비교

요약 및 결론

본 연구에서는 보강유무 및 보강방법별로 부재에 발생하는 휨모멘트를 산정하여 보강방법별 보강효과를 분석하였으며 모델별 한계하중을 최대휨모멘트에 의한 방법 A와 아치의 좌굴해석을 통한 방법 B, C등으로 계산하여 비교하였다. 좌굴을 고려한 경우의 한계하중이 적게 나타나 파이파하우스의 구조해석시 아치형상에 대한 좌굴해석을 수행할 필요가 있는 것으로 분석되었으나 이러한 결과는 계산에 의한 것으로 향후 FEM 해석과 실험을 통한 검증작업을 위한 추가적인 연구가 수행되어야 할 것이다.