온실 서까래용 파이프의 단면형상에 따른 구조적 특성 변화

Greenhouse structural analysis according to various section type

윤남규[1*] · 이시영[1] · 김학주[1] · 남윤일[1] · 김문기[2] · 유인호[3]

[1]원예연구소 시설재배과

[2]서울대학교 생물자원공학부

[3]서울대학교 대학원 농공학과

Yun, N.K.[1*] · Lee, S.Y.[1] · Kim, H.J.[1] · Nam, Y.I.[1] · Kim, M.K.[2] · Yu, I.H.[3]

[1]Division of Protected Cultivation, National Horticultural Research Institute, R.D.A., Suwon, 441-440

[2]Division of Bioresource Eng., Seoul National Univ., Suwon, 441-744

[3]Dept. of Agricultural Eng., Graduate School, Seoul National Univ., Suwon, 441-744

서 론

최근들어 파이프 골조의 온실 구조는 해마다 강풍이나 적설 등으로 인한 파손으로 막대한 경제적 손실을 입고 있으며, 이러한 피해는 환경조절 및 자동화 설비의 설치에 직접적인 영향을 주는 중요한 요인이므로 시설의 구조역학적인 연구가 지속적으로 이루어져야 한다. 그러나 국내에서는 1990년대 초반 온실의 구조안전 및 구조설계 기준 설정, 자재의 규격화 및 표준화에 관한 연구가 일부 수행된 바 있으나, 파이프 골조의 온실은 구조물로서의 공학적 설계나 유지관리에 대한 관심이 부족하여 시설의 구조역학적인 연구가 거의 이루어지고 있지 않는 실정이다.

일반적으로 온실의 서까래용으로 사용되는 파이프의 단면은 원형으로 표준화 되어 있다. 원형단면은 모든 방향에 대하여 균일한 단면특성값을 가지므로 구조물의 설계를 용이하게 할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 파이프하우스의 서까래와 같이 주로 작용하는 하중의 방향이나 형태가 일정한 경우에는 특정 방향 및 형태의 하중에 강한 단면을 가진 부재가 유리할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 온실의 구조역학적 연구의 일환으로 여러 가지 다양한 파이프하우스의 부재 단면에 대하여 단면특성값들을 계산하고, 실제로 구조해석을 통하여 안전성의 변화 정도를 비교해 봄으로써 파이프하우스의 서까래 부재로서 가장 적합한 단면을 추천하고자 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구에 적용된 파이프 단면의 기본 형상들을 Fig.1에 나타내었다. Fig.1에 제시된 여섯 가지의 단면형상들을 기본으로 파이프의 두께(tw, tf)와 파이프 둘레의 길이에 변화없이 t2와 t3의 비율을 변화시키면서 단면특성값들을 계산하였다. 계산된 단면특성값들은 단면적, 단면계수, 단면2차모멘트이고, 구조해석프로그램인 SAP2000(교육용 버전)을 이용하여 부재의 최대축방향력, 최대전단력, 최대휨모멘트값을 구하였다.

또한, 파이프 재료의 항복응력 1,600 kgf/cm2을 적용하여 단면의 형상별로 최대휨모멘트 작용시에 안전한 단면계수를 계산함으로써 온실 구조용으로 적합한 단면인지의 여부를 판정할 수 있도록 하였다.

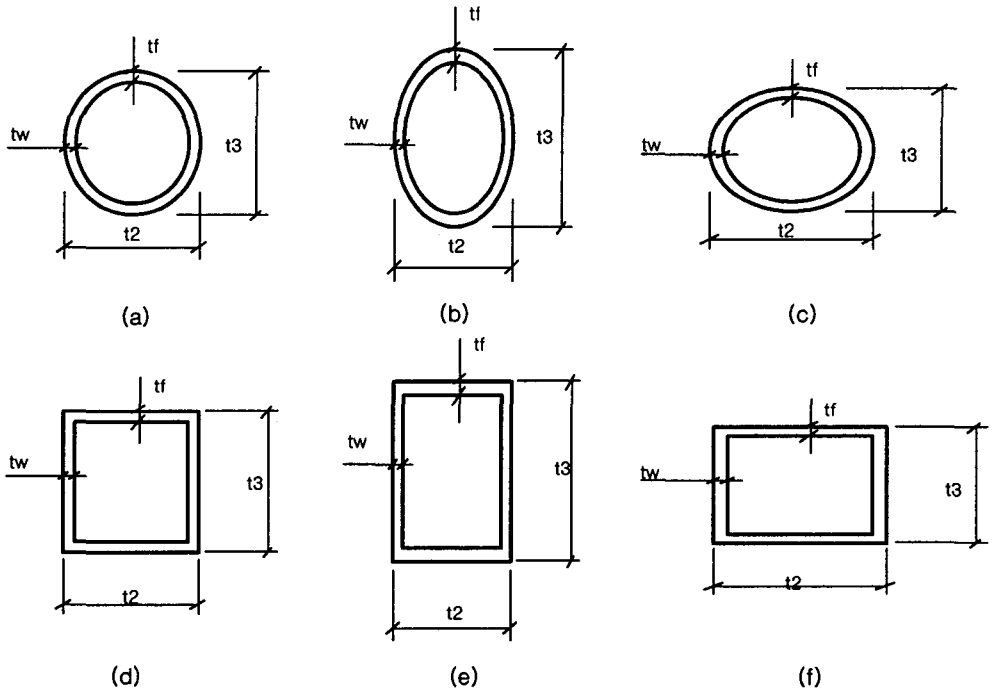

Fig. 1. Various cross-section types of greenhouse structural pipes

결과 및 고찰

단면적이 동일할 때, t2(B)와 t3(H)의 비율(B/H)에 따른 단면계수의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2에서 나타난 바와 같이 t2<t3(b), t2>t3(c), t2=t3(a)의 순서로 단면계수가 크게 나타났으며, 하중조건의 변화에 따른 구조해석 결과에서도 (b)의 단면이 가장 안전한 것으로 나타났다. 본 연구에서 고려된 단면형상들에 대한 단면특성값과 그 단면이 견딜 수 있는 최대휨모멘트값을 Table 1에 나타내었다. 그리고, 이 최대

휨모멘트값을 기준으로 단동하우스(6m(W)×3.5m(H), 처마높이 2.0m)에 대한 2차원 구조해석을 실시하여 각 단면형상별 안전적설심과 안전풍속을 역산하였다.

Table 1. Cross-section properties and structural analysis results

Section Type	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Cross-section Area (cm^2)	1.126	1.126	1.126	1.41	1.41	1.41
Section Modulus (cm^3)	0.635	0.754	0.676	1.042	1.240	1.111
Moment of Inertia (cm^4)	0.807	0.958	0.656	1.303	1.551	1.056
Max. Moment (kgf-cm)	1,017	1,207	1,082	1,668	1,985	1,778

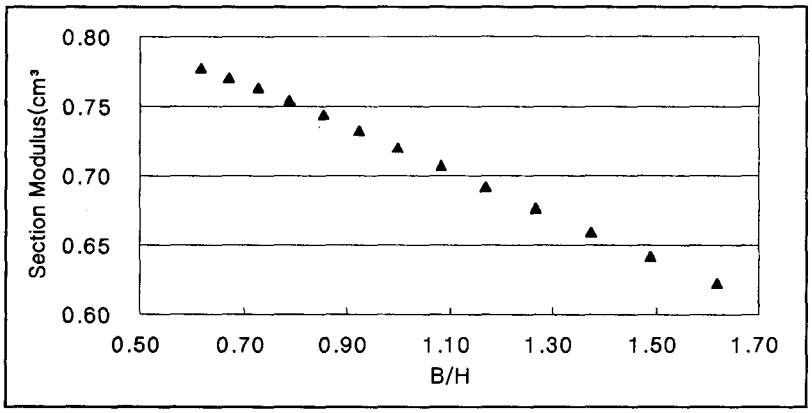

Fig. 2. Variation of section modulus according to B/H.

요약 및 결론

파이프의 단면형상 변화에 따른 단면특성의 변화를 조사한 결과 원형, 정사각형 단면이 타원형, 직사각형 단면에 비해 단면계수가 작아 구조적 안전성면에서 불리한 것으로 나타났으며, 각 단면이 견딜 수 있는 최대휨모멘트의 크기 또한 타원형 단면이 원형 단면보다 약 20% 더 크게 나타났다.

인용문헌

1. 김문기, 남상운, 손정익, 윤남규. 1994. 지역별 특성화 온실의 실태 및 구조적 안전성. 생물생산시설환경 3(2) : 128-135.

2. 김문기, 신만균, 정두호, 김인수. 1994. 시설 구조의 기준화 및 작물 재배 연구. 농촌진흥청 연구보고서.

3. 남상운. 2001. 파이프 골조 온실의 유지보수 보강 기술 개발. 농림부 연구보고서.

4. 농림부, 농어촌진흥공사. 1999. 온실구조 설계기준 및 해설.

5. 이석건, 김문기, 서원명 외. 1995. 원예시설의 구조안전기준 작성 연구. 농어촌진흥공사 연구보고서.