

적설하중에 대한 대립계 포도 무가온하우스의 구조안전성 분석 Analysis of a Structural Safety in the Greenhouse for Large-grain Grapevine Cultivation under the condition of Snow load

염성현*, 김학주, 전 희, 이시영, 강운임, 박서준¹

원예연구소 시설원예시험장, ¹과수과

Yum, S.H.*, Kim, H.J., Chun, H., Lee, S.Y., Kang, Y.I., Park, S.J.¹

Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan, 618-300, Korea

¹Dept. of Fruit Tree, NHRI, RDA, Suwon, 440-706, Korea

서 론

대립계 포도 무가온하우스 재배는 고품질 포도 생산 및 농약살포 횡수 절감 등의 이점이 있으나 성숙기 고온에 의한 착색불량 등의 문제로 인하여 관련 재배시설이 충분히 보급되지 못하고 있다. 일부 농가에서는 이러한 고온장해 문제를 해결하기 위하여 천창에 외기와의 순환 통로가 영구적으로 설치된 맞배형 무가온하우스(a)와 천창개폐율을 높이기 위한 소폭형 무가온하우스(b)를 설치하여 재배하고 있으나 관련 시설에 대한 구조적 안전성이 확보되지 않아 폭설시 취약한 상태에 있는 것으로 조사되고 있다. 따라서 본 연구는 적설하중 조건에서 비닐하우스에 대한 구조적 안전성을 분석하여 대립계 포도 재배용 무가온하우스 표준화모델 개발의 기초자료로 활용하고자 수행되었다.



(a) Cross roof

(b) Small span

(c) Large span

Fig. 1. Various configurations of the greenhouse for large-grain grapevine cultivation

재료 및 방법

FEM 해석 프로그램인 ANSYS를 이용하여 무가온하우스의 동수(2, 4, 6 및 8연동), 주기둥 간격(2m와 2.4m) 및 보조서까래 간격(60cm와 66.7cm) 그리고 일반농가에서 많이 사용하고 있는 파이프 규격과 해석상 강도를 높인 파이프 규격에 대하여 각각 적설하중 조건에서 구조적 안전성을 분석하였다. 최대적설심은 29.5cm($Ws = \rho \times D \times a = 1,447 \times 10^{-7} \text{N/mm}^2$)로 무가온하우스의 재현기간을 22년으로 보고, 안성 및 천안지역을 기준으로 설정하였다. 하중 분포는 곡보부 부분은 1.5Ws, 그 외 하우스 상단 부위는 Ws가 등분포로 작용한다고 가정하여 해석하였다.

Table 1. Specification of pipes selected for the base model(Case A & B)

종류	주기둥	중방	중방받침	주서까래	보조서까래	지붕가로대
외경×두께	Φ48.1×2.0t	Φ48.1×2.0t	-	Φ25.4×1.5t	Φ25.4×1.5t	Φ25.4×1.5t
간격·갯수	2m/2.4m	2m/2.4m	-	2m/2.4m	60cm/66.7cm	6개/동

종류	주브레싱	마구리기둥	전후면횡대	측면 주서까래	측면 보조서까래	측면가로대
외경×두께	Φ48.1×2.0t	Φ48.1×2.0t	Φ48.1×2.0t/ Φ25.4×1.5t	Φ25.4×1.5t	Φ25.4×1.5t	Φ25.4×1.5t
간격·갯수	4개/동	3개/면/동	3개/면/동	2m/2.4m	60cm/66.7cm	3개/면

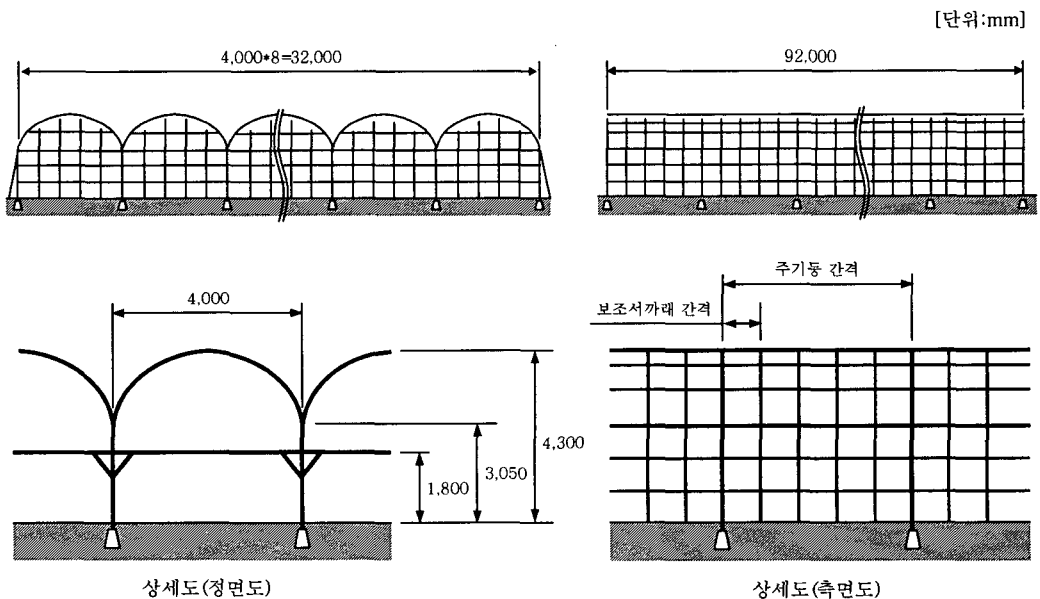


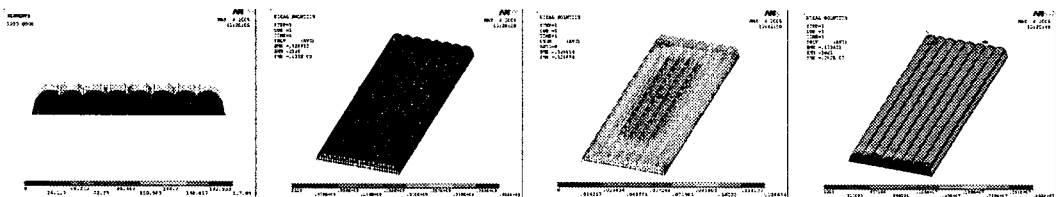
Fig. 2. Dimensions of the greenhouse to be analyzed

결과 및 고찰

길이 92m, 폭 4m를 갖는 대립계 포도 무가온하우스 상단부에 최대적설심 29.5cm의 눈이 쌓인다는 조건에서 구조강도 해석을 수행한 결과, 비닐하우스 동수에 따라서는 주어진 파이프 규격에 대하여 모두 허용응력($\sigma_a = 1,600 \text{ kg/cm}^2 = 157 \text{ N/mm}^2$)을 초과하여 파단되는 것으로 분석되었으며 동수가 늘어날수록 곡보부 적설하중의 영향으로 최대응력이 증가하는 것으로 나타나 적설하중 조건에서는 다연동일수록 구조적으로 취약해지는 것으로 나타났다. 파이프 규격에 따라서는 파이프를 보강한 경우(곡보부/주기둥/주서까래/측면주서까래 $\phi 48.1 \times 2.3 \text{ t}$ 및 보조서까래/지붕가로대/측면보조서까래 $\phi 31.8 \times 1.5 \text{ t}$)가 일반농가에서 사용하고 있는 파이프 규격 대비 최대응력은 크게 감소하나 역시 허용응력을 초과하는 것으로 나타났다. 8연동 무가온하우스에서 파이프에 걸리는 최대응력은 동수별, 파이프 규격별 및 주기둥/보조서까래 간격에 관계없이 측면주서까래(방풍벽 기둥)에서 공통적으로 나타났으며 나머지 부위는 최대응력보다 작아 이에 대한 대책이 필요한 것으로 분석되었다. 그러나, 측면주서까래만 보강할 경우 역시 허용응력을 초과한 최대응력이 주서까래 하단 부위에 나타나 다연동 하우스가 구조적으로 안전하기 위해서는 전체적인 파이프 규격 재설정이 필요한 것으로 판단되었다.

Table 2. Von-mises stress for the specification of pipes

Specification of pipes (main col.×sub. rafter interval)	No. of GH	Max. deflection(cm)		Max. stress(N/mm ²)	
		Pipe	Film(PE)	Pipe	Film(PE)
Case A(2m×66.7cm)	2연동	5.0	9.7	312.0	2.8
	4연동	9.7	14.3	391.0	3.3
	6연동	11.9	16.4	417.0	3.4
	8연동	12.9	17.3	431.0	3.5
Case A(2m×66.7cm) Reinforced	8연동	6.7	11.2	196.0	2.5
Case B(2.4m×60cm)	8연동	14.8	14.8	480.0	3.1
Case B(2.4m×60cm) Reinforced	8연동	7.4	7.4	247.0	3.7



(a) Snow load (b) Stress(Pipe) (c) Deflection(Pipe) (d) Stress(PE)

Fig. 3. Von-mises stress and deflection for a maximum snow-depth of 29.5cm

요약 및 결론

길이 92m, 폭 4m의 대립계 포도 재배용 무가온하우스에 대하여 최대적설심 29.5cm 조건에서 동수, 파이프 규격 및 주기둥/보조서까래 간격에 따라서 구조강도 해석을 수행한 결과, 파이프에 걸리는 최대응력이 허용응력을 초과하여 무가온하우스가 파단되는 것으로 분석되었다. 따라서 대립계 포도재배용 무가온하우스가 적설하중 조건에 견디기 위해서는 전체적인 파이프 규격 재설정 등을 통하여 주서까래와 측면주서까래에 걸리는 응력을 완화시키는 방법 구멍이 필요하며, 차후 대립계 포도 무가온하우스 표준화 모델을 개발을 위해서는 풍하중 조건(순간최대풍속)과 병행하여 하우스 폭에 따른 안전 동고 구멍 및 하우스 상단부의 형태 변경(복숭아형)시 안전성 이득 효과 구멍 등에 관한 연구가 함께 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

인 용 문 헌

1. 염성현 등. 2004. 제주지역 과수재배용 단층지붕 비닐하우스에 대한 구조안전성 분석. 한국 생물환경조절학회 학술발표논문집 13(2):164-168.
2. 이석전 외 15인. 1995. 원예시설의 구조안전기준 작성(최종). 농어촌진흥공사.
3. S. Timoshenko. 1986. Elements of Strength of Materials. USA.