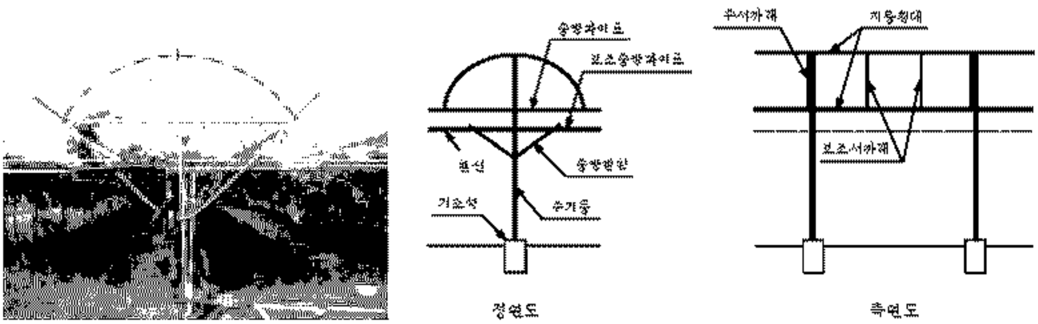
대립계 포도 비가림수형 시설에 대한 구조안전성 분석

Analysis of a Structural Safety in a Rain-Protecting Tree Structure for Grapevine Cultivation

염성현*, 김학주, 전희, 이시영, 강윤임, 윤남규, 박서준[1]
원예연구소 시설원예시험장, [1]원예연구소 과수과
Yum, S.H.*, Kim, H.J., Chun, H., Lee, S.Y., Kang, Y.I., Yoon, N.G., Park S.J.[1]
Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA, Busan, 618-800, Korea
[1]Dept. of Fruit Tree, NHRI, RDA, Suwon, 440-706, Korea

서 론

최근의 빈번한 기상재해로 인한 시설 피해를 줄이기 위해서는 관련 시설 설계시 구조강도 해석을 통한 최적의 파이프 규격 선정이 필요하다. 따라서 본 연구는 저비용·고품질 대립계 포도 생산을 위해 선정된 비가림수형 시설(비닐 폭 2m, 비닐과 수관사이 간격 20cm)의 구조적 안전성을 분석하여 최적의 파이프 규격을 제시하고자 수행하였다.



(a) Real shape to be concerned (b) Denomination of a rain protecting structure

Fig. 1. Configuration of a rain protecting tree structure to be analyzed

재료 및 방법

분석하고자 하는 시설 형태는 길이 72m, 15줄의 비가림수형 시설로 세부 치수는 Fig. 2와 같다. 해석에 사용된 순간최대풍속과 최대적설심은 각각 26.6m/s와 22.5cm(Ws μDα 1.0×22.5×0.75kg/㎡ 1,655.9×10^{-7}N/㎟)로 비가림수형 시설의 재현기간을 8년이라 보고 대립계 포도 생산지인 안성·입장, 김천·영동 및 경산 등 3개 권역의 기상자료를 바탕으로 설정하였다. 범용 열유동해석 코드인 FLUENT를 이용하여 순간최대풍속시 피복자재에 걸리는 압력을 계산하였으며 Residual이 5×10^{-5}이었을 때의 해를 수렴값으로 보았다. 해석에 사용된 난류모델은 Standard k ε 모델로 첫 격자점의 위치가 y^+ 20~150

사이에 있게 하였으며 총 166,500개의 사변형 격자를 사용하였다. 또한 구조강도 해석 코드인 ANSYS를 이용하여 풍하중과 설하중 조건하에 피복자재 및 파이프의 최대변위와 최대응력을 각각 계산하였다. 유동해석 영역 및 경계조건은 Fig. 3에 표시하였으며 적용된 적설하중 분포는 Fig. 4와 같다.

Table 1. Range of variables to be optimized in the rain protecting tree structure

규격	주기둥	중방파이프	중방받침	주서까래	보조서까래	지붕횡대
외경×두께	φ48.1×3.2t	φ22.2×1.2t φ22.2×1.5t φ25.4×1.2t φ25.4×1.5t φ38.1×2.0t	φ22.2×1.2t φ22.2×1.5t	φ22.2×1.2t φ22.2×1.5t φ25.4×1.2t φ25.4×1.5t	φ22.2×1.2t φ22.2×1.5t φ25.4×1.2t φ25.4×1.5t	φ22.2×1.2t φ22.2×1.5t φ25.4×1.2t φ25.4×1.5t
간격	3.0m	3.0m	3.0m	3.0m	100cm	
	3.3m	3.3m	3.3m	3.3m	110cm	
	3.6m	3.6m	3.6m	3.6m	120cm	
	3.9m	3.9m	3.9m	3.9m	130cm	
	4.2m	4.2m	4.2m	4.2m	140cm	

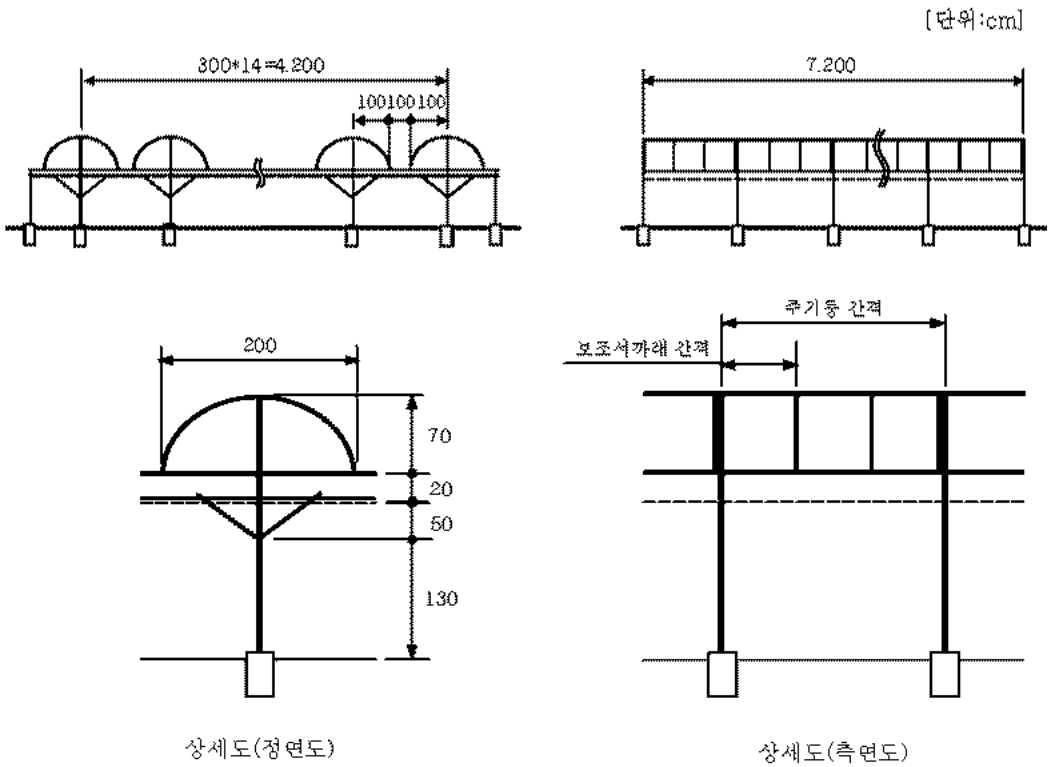


Fig. 2. Dimensions of the rain protecting structure to be analyzed

Table 2. Specification of materials

Material	Modulus of elasticity (E, N/㎟)	Poisson's ratio (ν)	Yield stress (σ_a, N/㎟)
Film(PE)	200	0.4	10
Pipe	200×10^3	0.3	157

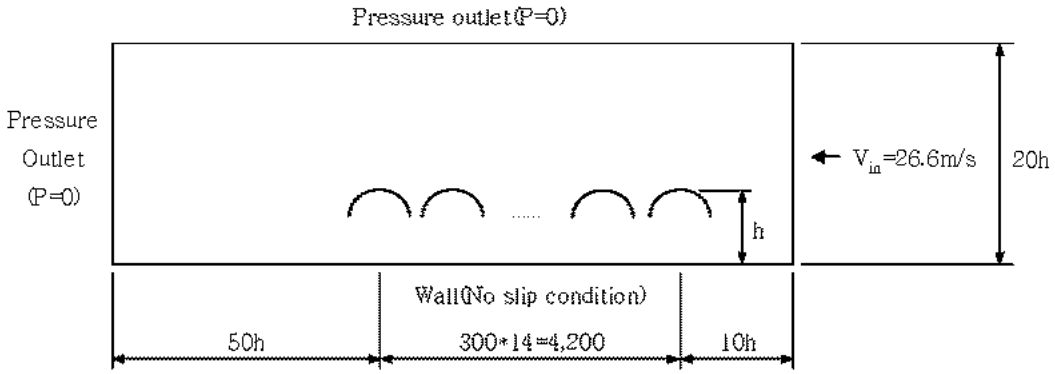


Fig. 3. Boundary condition for an instant maximum wind velocity

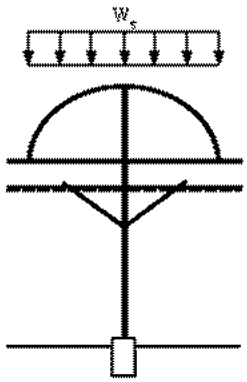


Fig. 4. Boundary load corresponding to a maximum snow depth

결과 및 고찰

길이 72m, 15줄의 대립계 포도 비가림수형 시설 상단부에 최대적설심 22.5cm의 눈이 쌓인다는 조건과 시설 측면으로 순간최대풍속 26.6m/s의 바람이 분다는 조건으로 구조강도 해석을 수행한 결과, 최대적설심으로 인한 설하중 보다 순간최대풍속으로 인한 풍하중 조건에서 변위와 응력이 큰 것으로 나타났다. 또한 최적설계를 통해 가능한 경우의 수 총 31개 중에서 파이프의 최대응력이 허용응력(1,800kg/㎠ 157N/㎟) 범위안으로 들어오는 10개의 경우를 찾을 수 있었으며 그 가운데 파이프의 체적이 가장 작은 파이프

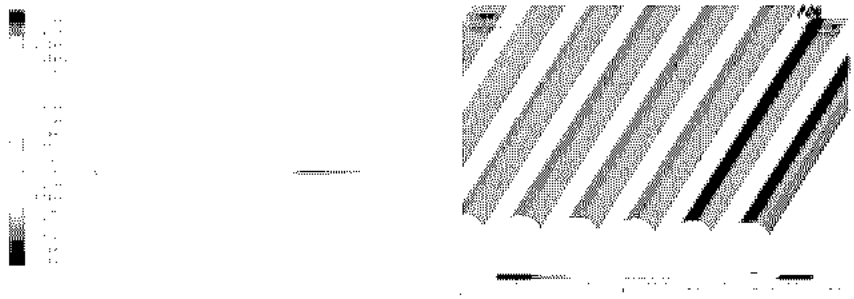
규격을 선정할 수 있었다(Table 4).

Table 3. Deflection and stress of materials under the condition of an instant max. wind velocity

Condition	Material	Max. deflection(mm)	Max. stress(N/㎟)
Instant max. wind velocity (26.6m/s)	Film(PE)	311.9	9.1
	Pipe	48.7	155.6

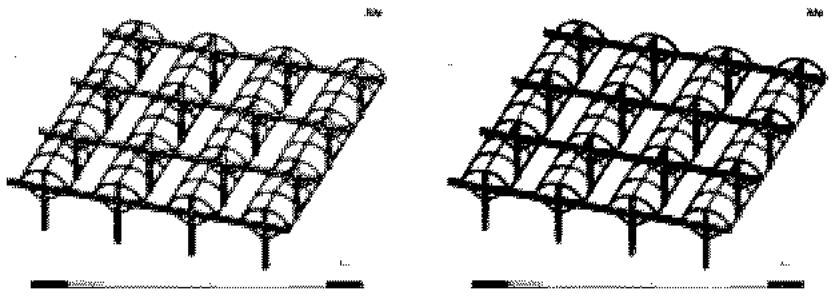
Table 4. Optimized specification of pipes

규격	주기둥	중방파이프	중방받침	주서까래	보조서까래	지붕횡대
외경×두께	ϕ48.1×3.2t	ϕ31.8×1.5t	ϕ22.2×1.2t	ϕ25.4×1.5t	ϕ25.4×1.2t	ϕ25.4×1.2t
간격	3.9m	3.9m	3.9m	3.9m	130cm	



(a) Velocity contour(m/s) (b) Total pressure

Fig. 5. Contour of the velocity and distribution of the total pressure exerted on the film



(a) Deflection (b) Stress(Von mises)

Fig. 6. Deflection and stress of pipes for an instant maximum wind velocity of 26.6m/s

요약 및 결론

길이 72m, 15줄의 대립계 포도 비가림수형 시설에 대하여 최적설계를 통해 최대적설심과 순간최대풍속 조건하에 파이프에 걸리는 최대응력이 허용응력 범위안으로 들어오는 경우의 수 10개를 찾을 수 있었으며 그 중에서 소요되는 파이프의 체적이 최소화되는 최적의 파이프 규격을 선정할 수 있었다.

인용문헌

1. 충남대. 1999. 포도 품질향상을 위한 비가림 재배시설 표준화 연구(최종보고서)
2. Patankar, S.V. 1980. Numerical Heat Transfer and Fluid Flow. Hemisphere, USA
3. S. Timoshenko. 1986. Elements of Strength of Materials, USA