

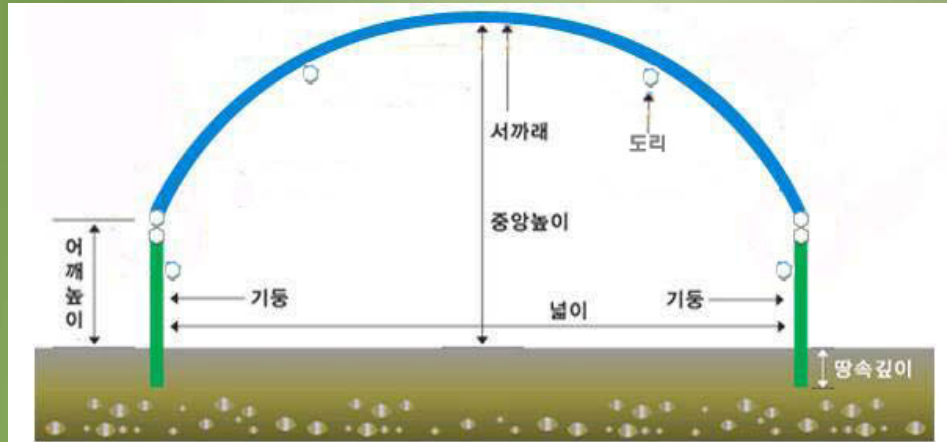


Optimum Design of Vynil House

SODT

윤영성, 권기한, 김동진

Problem Statement



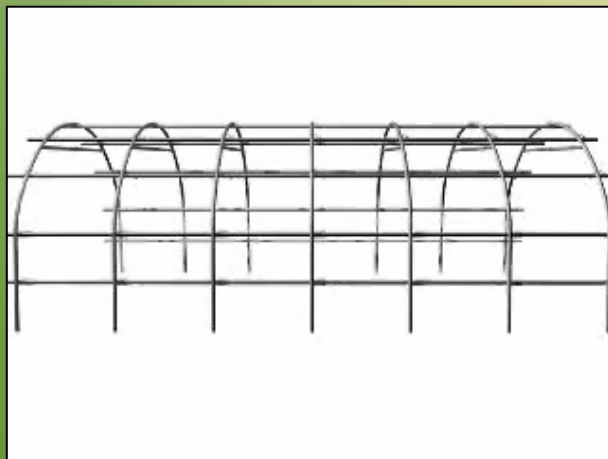
너비 6m, 길이 10m

어깨높이 1.3m, 중앙높이 3.1m

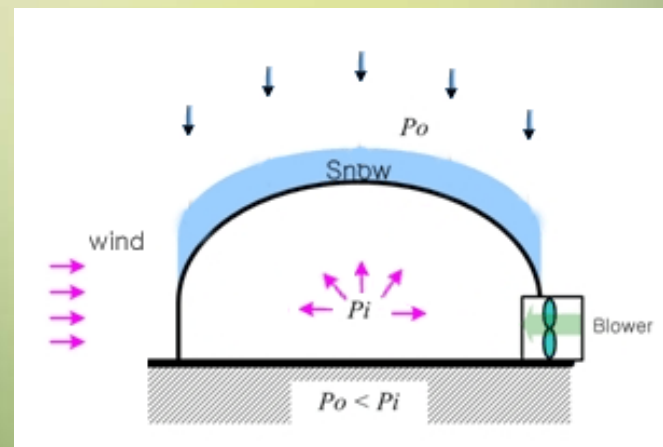
서까래는 돔형으로 설계
(채광효과 극대화)

농림부 규격(농림부고시 제2007-19호)

내재해 단동(민) Type 1형 - 적설심 25cm, 풍속 25m/s



비닐하우스 구조



구조에 작용하는 힘

Data and Information Collection



▣ 바람에 의해 작용하는 힘

$$F = \int_{c.s} V(\rho V \cdot dA) + \cancel{\frac{\partial}{\partial t} \int_{c.v} \rho V dv} = \rho V^2 A$$

◎ 측 면

$$V = \text{풍속} \quad A(\text{단위면적}) = \frac{\text{길이}}{\text{서까래 수}}$$

◎ 정 면

$$A = \text{길이} \times \text{기둥높이} + \text{상부면적} \left(\int_{-3}^3 1.8 \cos\left(\frac{\pi}{6}x\right) dx \right)$$

▣ 압력에 의해 작용하는 힘

$$F = PA = (P_i - P_o)A$$

▣ 눈에 의해 서까래에 작용하는 힘

$$F_{\text{snow}} = \rho V g$$

$$\rho = 1.293 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m} / \text{s}^2$$

$$V(\text{단위부피}) = \text{적설높이}(m) \times \text{너비}(m) \times \frac{\text{길이}(m)}{\text{서까래 수}}$$

Data and Information Collection



■ 기둥에 작용하는 힘

$$F_{\text{column}} = \frac{Mc}{I} A + \text{반력}$$

M : (바람과 눈)-압력에 의한 모멘트

반력 : 지붕에 작용하는 힘

A : 기둥과 도리의 수에 따른 면적

■ 도리에 작용하는 힘

$$F_{\text{도리}} = \frac{Mc}{I} A + \text{풍력} - \text{압력}$$

M : 지붕에 의한 모멘트

A : 기둥과 도리의 수에 따른 면적

■ 서까래 관에 작용하는 응력

$$A = \pi\{(r+t)^2 - r^2\}, \quad e = H - R, \quad R = \frac{1}{2}(H + \sqrt{H^2 - r^2})$$

$$\sigma_T = -\frac{M \cdot \{R - (H - r - t)\}}{A \cdot e \cdot (H - r - t)}, \quad \sigma_C = -\frac{M \cdot \{R - (H + r + t)\}}{A \cdot e \cdot (H + r + t)}$$

Design variable & Cost function



■ Design variable

서까래의 수 = 기둥의 수 * 2, 상부+하부 도리의 수, 관의 규격, 환풍기의 출력

■ Cost function

비용 = 비닐하우스 제작비용+구동압력당 환풍기설치비용

비닐하우스 제작비용 = (서까래수+기둥수+도리수)×길이×단가+체결요소비

기둥의 길이 : 1.8 m

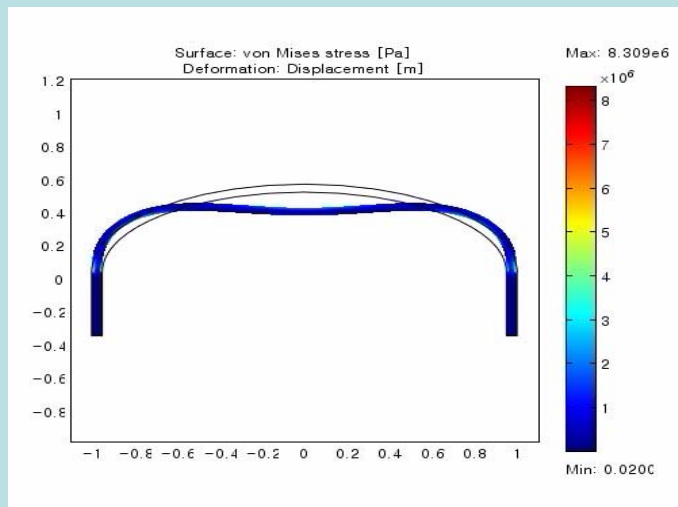
도리의 길이 : 10 m

서까래의 길이 : 6.9 m

Constraints



▣ 서까래의 변형

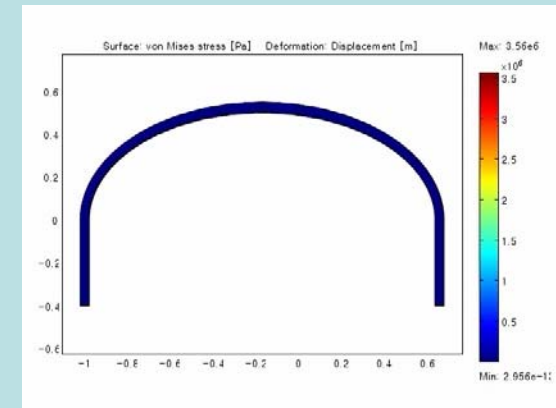


$$(F.S)\sigma \leq \sigma_Y$$

▣ 압력에 의한 힘

내부압력에 의한 힘 < 바람과 눈에 의한 힘

▣ 기둥 및 도리의 좌굴



$$F_{column} \leq P_{cr(기둥)}$$

$$F_{도리} \leq P_{cr(도리)}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi EI}{L_e^2}$$

Result of EXCEL



▣ 초기값 (중간 Project 결과 참조)

- 서까래 수 : 14.1개, 송풍기 출력 : 0.0019atm, 관의 지름 : 0.0508m, 도리 수 : 8개

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	rho_snow	350	kg/m ³		바람에 의한 힘				변수		
2	깊이	10	m		측면부				초기값		
3	호길이	6.9127	m		rho_air	1.293	kg/m ³		서까래수	14	개
4	눈의두께	0.25	m		A	18	m ²		P	0.0019	atm
5	g	9.81	m/s ²		풍속	25	m/s		관의지름	0.0508	m
6	하중	1925.257	N		F	1046.517	N		도리수	8	개
7	높이	3.1	m		M	941.8652	Nm				
8	너비	6	m						최종값		
9	M	2887.886	Nm		정면부				서까래수	14.89968	개
10	안전계수	1.2			A	15.96252	m ²		P	0.006425	atm
11	sigma_Y	2.50E+08	Pa		F	1612.464	N		관의지름	0.043971	m
12									도리수	8	개
13	구속조건				압력에 의한 힘				비용		
14					A	3.6	m ²		단가	4325	원
15	파이프변형				F	2343.682	N		1m ³ 비용	18925377	원
16	sigma1	-1.1E+08	Pa						파이프길이	221.7362	m
17	sigma2	1.13E+08	Pa		파이프규격				파이프체적	0.044378	m ³
18					관의두께	0.0015	m		파이프비용	839871.1	원
19	좌굴(기둥)				I	4.52E-08	m ⁴		채굴요소비	87699.52	원
20	Le	0.325			A	0.0002	m ²		송풍기비용	160627.4	원
21	E	2.10E+11	Pa								
22	P_cr	282205.9	N								
23	Mc/I	1.41E+09	Pa						f	1088198	원
24	mcA/I	281243.3	N								
25	P	282205.9	N								
26											
27	좌굴(도리)										
28	Le	0.469809									
29	E	2.10E+11	Pa								
30	P_cr	135048.8	N								
31	M	1386.719	Nm								
32	sigma	6.75E+08	Pa								
33	P	135048.8	N								

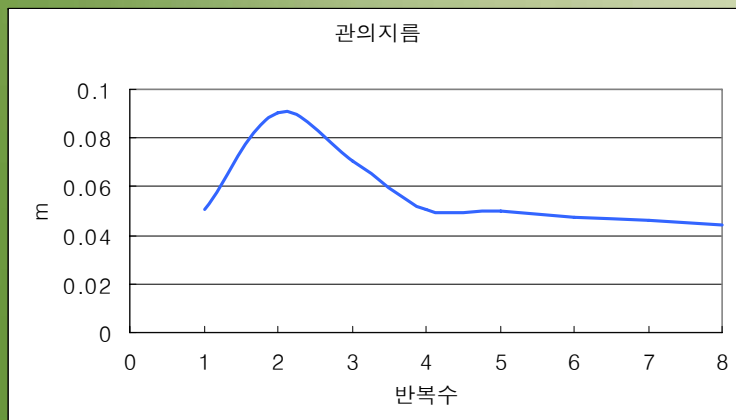
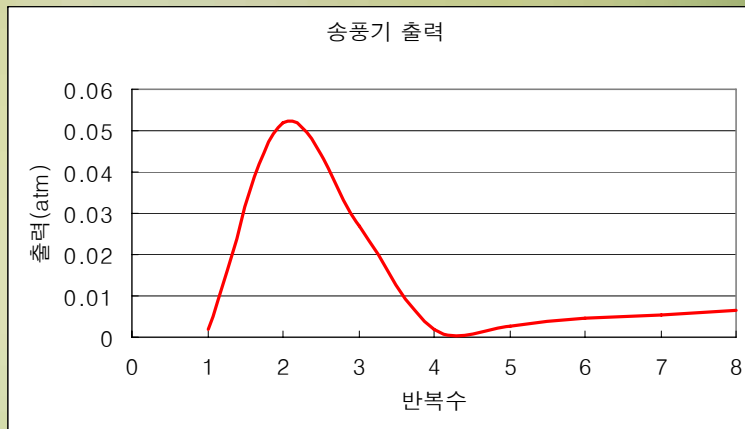
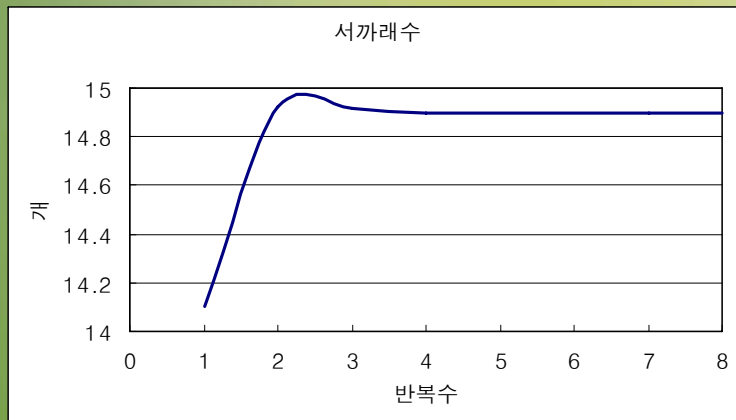
Result of EXCEL



■ 최적해

- 서까래 수 : 14.9개, 송풍기 출력 : 0.006425atm, 관의 지름 : 0.044m, 도리 수 : 8개

■ 해의 수렴 과정



총 비용 : 1,088,198원

Result of MATLAB



■ 최적해

– 서까래 수 : 14.9개, 송풍기 출력 : 0.0063atm, 관의 지름 : 0.0438m, 도리 수 : 8개

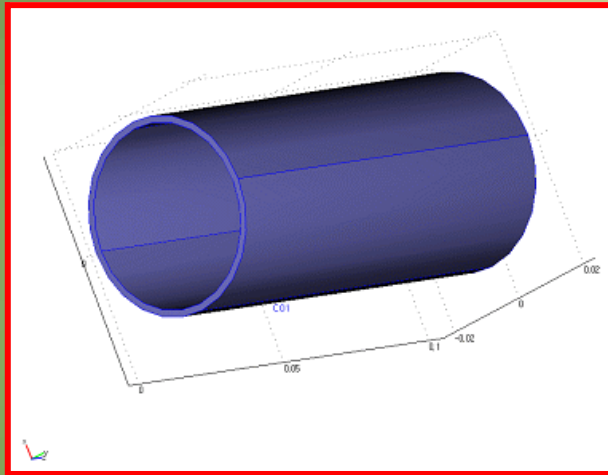
★ fmincon 함수 사용 결과

```
x =  
    14.8913    0.0063    0.0438  
  
fval =  
    1.0741e+005  
  
exitflag =  
         4  
  
output =  
  
    iterations: 11  
    funcCount: 48  
    lssteplength: 1  
    stepsize: 1.777e-004  
    algorithm: 'medium-scale: SQP, Quasi-Newton, line-search'  
    firstorderopt: 1.765e-004  
    message: [1x75 char]
```

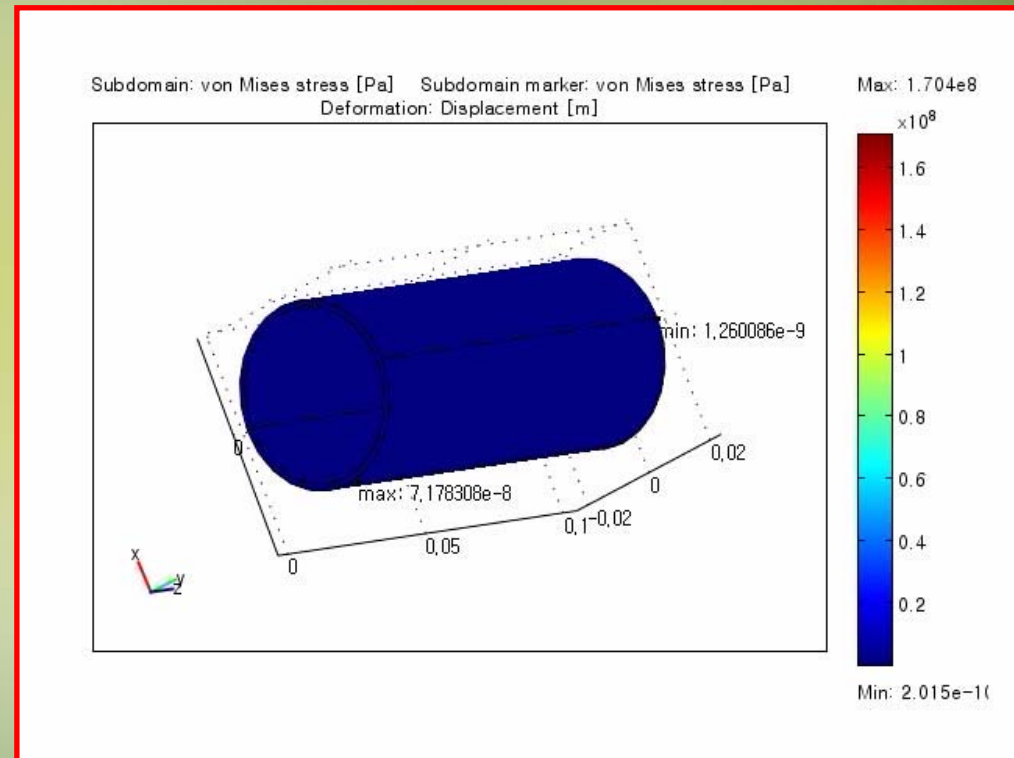
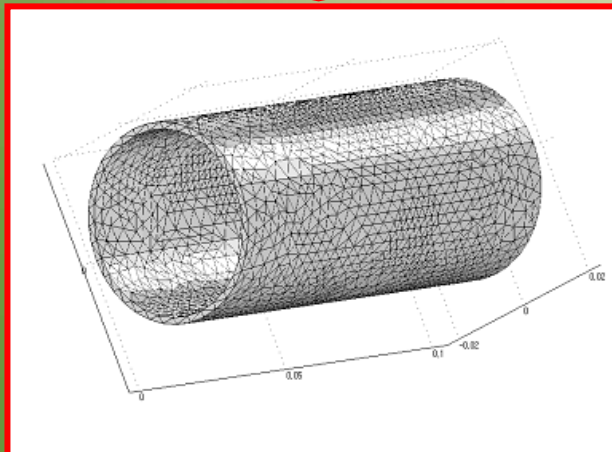
총 비용 : 1,074,100원

Verification to COMSOL

▣ Geometry (외경 : 0.044m, 내경 0.041m)



meshed



일반 해 : 113MPa COMSOL : 170MPa

Conclusion



▣ 실제 설계와 비교

-서까래 수 : 16개
-관의 지름 : 0.0508m
-도리 수 : 8개
-가격 (13,600원/m²)
816,000 원

-서까래 수 : 14.9개
-송풍기 출력 : 0.0063atm
-관의 지름 : 0.0438m
-도리 수 : 8개
-가격 : 1,074,100 원

- ★ 송풍기를 사용하지 않는 경우, 서까래 수는 15.5개, 관의 지름은 0.057m로 증가
- ★ 총 비용은 120만원 정도로 13만원 정도 높게 나옴.
- ★ 송풍기를 이용 비용 절감을 확인할 수 있었음.