

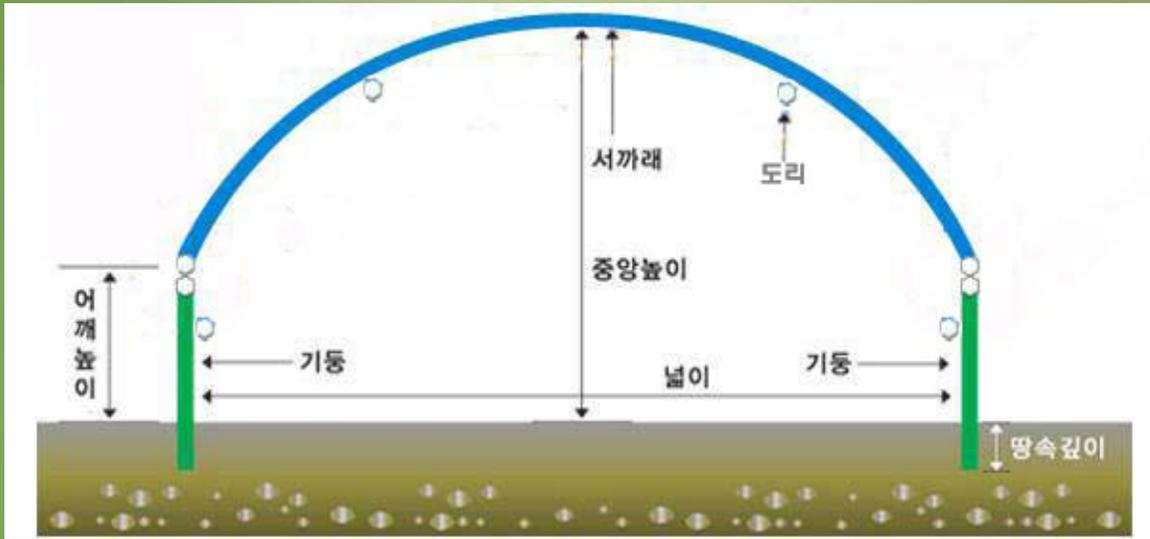


Optimum Design of Vinyl House

SODT

윤영성, 권기한, 김동진

Problem Statement



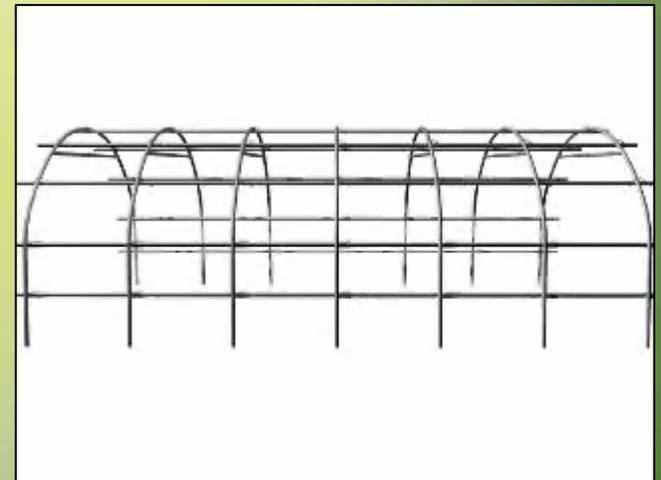
너비 6m, 길이 10m

어깨높이 1.3m, 중앙높이 3.1m

서까래는 동형으로 설계
(채광효과 극대화)

농림부 규격(농림부고시 제2007-19호)

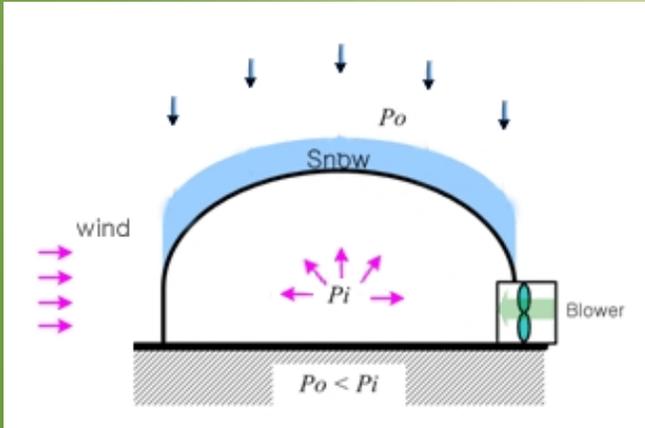
내재해 단동(민) Type 1형 - 적설심 25cm, 풍속 25m/s



Problem Statement



- ▣ 적설량과 바람에 따른 하중을 견디기 위한 비닐하우스의 구조 설계
- ▣ 최소의 비용으로 하중을 견딜 수 있도록 설계
- ▣ 서까래는 기둥 수와 같음
- ▣ 구조에 대한 자중은 무시 (적설에 의한 하중이 상대적으로 큼)
- ▣ 기둥의 땅속 깊이는 충분한 길이 (고정되었다고 가정)
- ▣ 접합부의 효과는 무시
- ▣ 송풍기에 의해 내부의 압력을 상승시켜 압력차에 의한 힘을 발생 (외부에 대한 힘을 상쇄)
- ▣ 비닐은 자재 붕괴 전 찢어지지 않는다고 가정
- ▣ 상부 : 눈과 바람과 압력에 의한 하중 작용
- ▣ 측면부 : 바람과 압력 의한 하중 작용
- ▣ 정면부 : 바람과 압력에 의한 하중 작용



Data and Information Collection



■ 바람에 의해 작용하는 힘

$$F = \int_{C.S} V(\rho V \cdot dA) + \frac{\partial}{\partial t} \int_{C.V} \rho V dv = \rho V^2 A$$

◎ 측 면

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

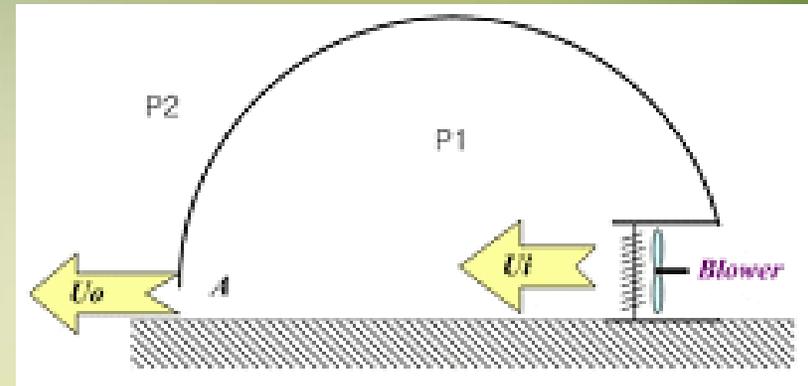
◎ 정 면

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

■ 압력에 의해 작용하는 힘

$$F = \frac{P}{A} = \frac{P_i - P_0}{A}$$

■ 송풍기에 의한 출력



$$U_o = C(P1 - P2) = U_i : \text{Flow rate}$$

$$C = 770Ar^{0.717}(1 - r^{0.286}) / (1 - r)$$

: Air conductance for an orifice of A

where, $r = P2 / P1$ (Outside / Inside pressure)

A: Opening area

$$U_o = U_i = C(P1 - P2) = P1 * 770A(r^{0.717} - r^{1.003})$$

Data and Information Collection



■ 눈에 의해 서까래에 작용하는 힘

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

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

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

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

■ 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

Design variable & Cost function



■ Design variable

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

■ Cost function

비용 = 비닐하우스 제작비용+구동압력당 환풍기설치비용+유지비

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

기둥의 길이 : 1.8 m

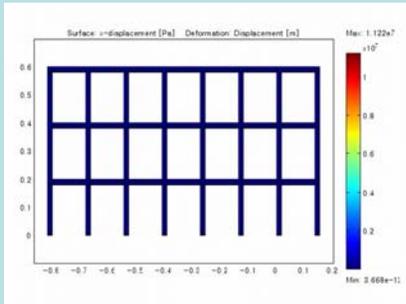
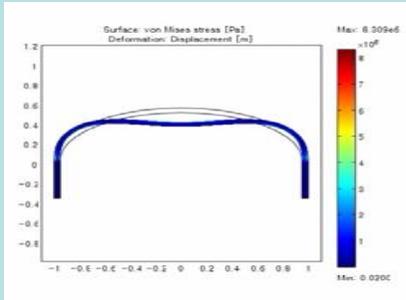
도리의 길이 : 10 m

서까래의 길이 : 7.3 m

Constraints



■ 서까래의 변형



$$A = \pi\{(r+t)^2 - r^2\}$$

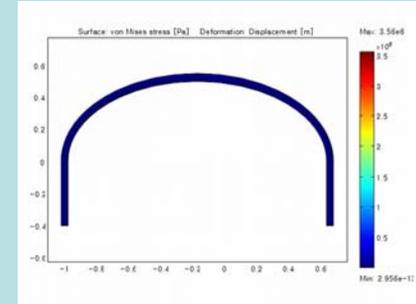
$$e = H - R$$

$$R = \frac{1}{2}(H + \sqrt{H^2 - r^2})$$

$$\sigma_T = -\frac{M \cdot \{R - (H - r - t)\}}{A \cdot e \cdot (H - r - t)} < \sigma_Y$$

$$\sigma_C = -\frac{M \cdot \{R - (H + r + t)\}}{A \cdot e \cdot (H + r + t)} < \sigma_Y$$

■ 기둥의 좌굴



$$F_{column} \leq P_{cr}$$

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

■ 압력에 의한 힘

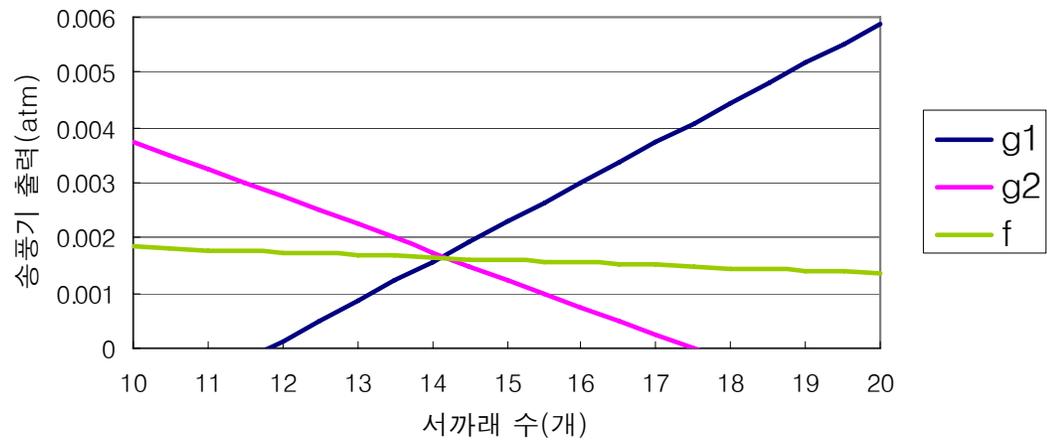
내부압력에 의한 힘 < 바람과 눈에 의한 힘

Graphical Method Result



										3490000
L	11	n	10/n+1	F _y	F _w	M	g1	g2	f	
rho_snow	350		0.909091	4682.0455	1322.386	15236.28409	-0.001297017	0.003735	0.0018291	
g	9.81		0.869565	4478.4783	1264.891	14573.83696	-0.000938276	0.003486	0.0018057	
v	25		0.833333	4291.875	1212.188	13966.59375	-0.000579536	0.003237	0.0017824	
A_pipe	0.000232		0.8	4120.2	1163.7	13407.93	-0.000220796	0.002988	0.001759	
w	6		0.769231	3961.7308	1118.942	12892.24038	0.000137945	0.00274	0.0017357	
t_snow	0.25		0.740741	3815	1077.5	12414.75	0.000496685	0.002491	0.0017123	
rho_air	1.293		0.714286	3678.75	1039.018	11971.36607	0.000855425	0.002242	0.001689	
sigma_y	1.90E+08		0.689655	3551.8966	1003.19	11558.56034	0.001214166	0.001993	0.0016656	
P_cr	756448.5		0.666667	3433.5	969.75	11173.275	0.001572906	0.001745	0.0016422	
l	7.06E-08		0.645161	3322.7419	938.4677	10812.84677	0.001931646	0.001496	0.0016189	
L	11		0.625	3218.9063	909.1406	10474.94531	0.002290387	0.001247	0.0015955	
c	14519.59		0.606061	3121.3636	881.5909	10157.52273	0.002649127	0.000998	0.0015722	
			0.588235	3029.5588	855.6618	9858.772059	0.003007867	0.000749	0.0015488	
			0.571429	2943	831.2143	9577.092857	0.003366608	0.000501	0.0015255	
			0.555556	2861.25	808.125	9311.0625	0.003725348	0.000252	0.0015021	
							0.004084089	3.16E-06	0.0014787	
							0.004442829	-0.00025	0.0014554	
							0.004801569	-0.00049	0.001432	
							0.00516031	-0.00074	0.0014087	
							0.00551905	-0.00099	0.0013853	
							0.00587779	-0.00124	0.001362	

Vynil House Cost



서까래 수 : 14.1개
 송풍기 출력 : 0.00019atm