



여러 방향의 강풍에 대처하기 위해 접이식 장치를 활용하는 가변형 비닐하우스의 내풍성 연구

학교명 호치민시한국국제학교 참여과정 □입문 ■일반 책임지도교사 오동철 참여학생 문승찬, 김주현, 이정연, 윤귀언, 윤대범

연구 개요

연구 목적 및 범위

• 연구 필요성 - 태풍으로 인한 비닐하우스 피해가 심하기 때문에 내풍성이 강화된 비닐하우스 연구가 필요하다.

• 연구 목적

1

비닐하우스의 전체적인 높이가 낮아질수록 비닐하우스의 내풍성이 강화된다는 사실을 검증한다.

2

비닐하우스 지붕의 경사각이 높아질수록 비닐하우스의 내풍성이 강화된다는 사실을 검증한다.

3

기존 규정된 비닐하우스에 비해 새로 제안한 가변형 비닐하우스의 내풍성이 얼마나 강화되는지 증명한다.

• 연구 범위



10 - 단동 - 12형 비닐하우스

비닐하우스의 기본 틀 설정

비닐하우스는 여러 목적을 위해 많은 비닐하우스 종류가 있다. 가장 많이 사용되는 10 - 단동 - 12형 비닐하우스를 선택하여 진행했다.



가변형 비닐하우스 외형

가변형 비닐하우스 장치 개발

시간적 한계, 기술적 한계 → 실제 가변형 비닐하우스 장치를 만드는 것에 한계가 있다. 따라서 이미 변형된 상태의 비닐하우스 간이 모형을 모두 제작하여 풍동실험을 진행했다.



제작된 비닐하우스 모형

비닐하우스 모형 제작

비닐하우스의 지붕 부분의 모형 제작 → 지붕 아래부분은 구조가 모두 동일한 반면, 지붕 부분만 구조가 다르기 때문이다.

연구 방법 및 과정

이론적 배경 및 선행연구

[수식 1] 풍하중 산정 공식
 P : 설계 풍압,
 A : 유효 수압 면적을 의미한다.
 $W = P \times A$

[수식 2] 설계 풍압 산정 공식
 P : 대기압 $1.225 kg/m^3$,
 V_h : 설계 풍속
 $P = \frac{1}{2} \rho V_h^2$

[수식 3] 설계 풍속 산정 공식
 V_0 : 기준 높이 10m에서의 풍속
 h : 구조물의 높이
 h_0 : 풍속측정 높이
 a : 풍속고도분포지수
 K_{zt} : 지형 특성 계수
 $V_h = V_0 \times \left(\frac{h}{h_0}\right)^a \times K_{zt}$

간이 지붕 모형별 높이		
구분	실제 높이	축소 높이
기본형	1.2 m	0.06 m
1차 축소형	0.8 m	0.04 m
2차 축소형	0.4 m	0.02 m
1차 경사형	0.8 m ~ 1.2 m	0.04 m ~ 0.06 m
2차 경사형	0.4 m ~ 1.2 m	0.02 m ~ 0.06 m

구분	한계 설계 풍속 (m/s)	한계 실제 풍속 (m/s)
기본형	16	27
1차 축소형	19.5	34
2차 축소형	27.7	51.5
1차 경사형	17.5	32.7
2차 경사형	19.7	36.7

[표 1-1] 비례식을 이용한 비닐하우스 축소 과정

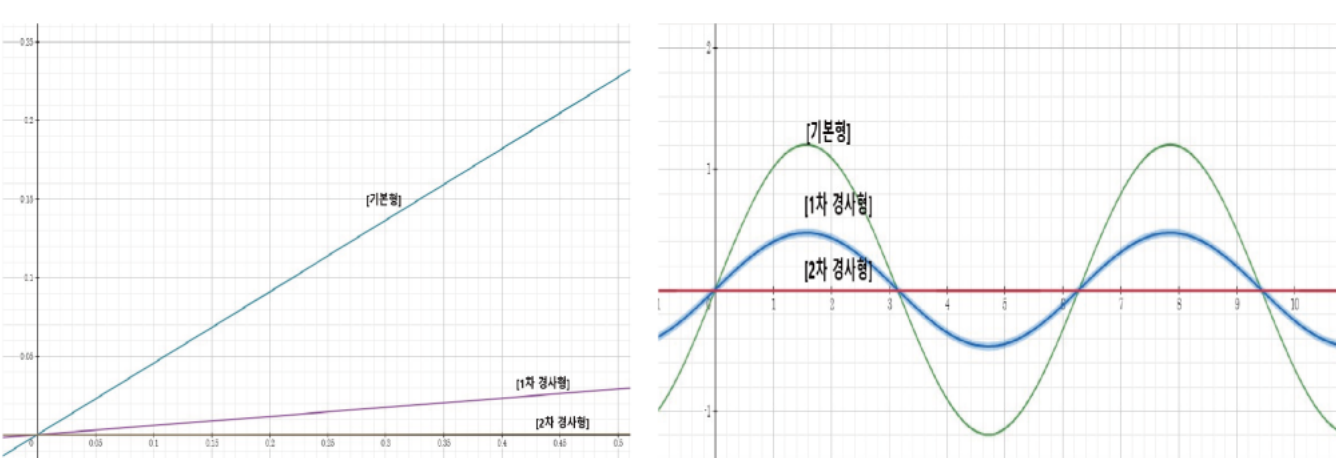
$$V_{h0} = \sqrt{\frac{V_0^2 A_0}{A_1}} \times \left(\frac{h}{h_0}\right)^a \times K_{zt}$$

[표 1-2] 기본형에 한계 풍속 16m/s를 가했을 때 움직인 거리만큼 움직이는데 필요한 최소 풍속

[수식 4] 풍하중 유도 공식

연구 결과 및 시사점

[1차 속도·진동 실험]



[그림 1] 1단계 (21m/s) 풍속 기준 각각 모형이 밀려나는 속도와 진동을 나타낸 그래프 (진동의 경우 시각적으로 이해를 돕기 위해 1000을 곱함)

추세선 분석 결과, 기본형에서 2차 경사형과 2차 축소형으로 갈수록 기울기 및 진폭이 감소하였다. 그러나 속도 실험에서 3단계 (46m/s) 풍속 기준 1차 경사형과 1차 축소형의 기울기가 기본형의 것보다 낮다는 예외를 발견하였다. 이렇게 하나의 실험에 대한 두 가지의 해석을 통해 높이와 내풍성 간의 음의 상관관계와 경사각과 내풍성 간의 양의 상관관계를 검증하였다.

[2차 거리 실험]

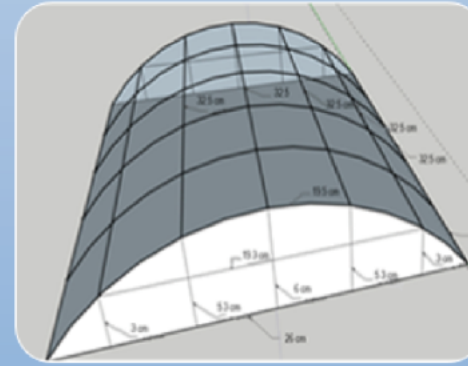


[그림 2] 1차 축소형이 18.9m/s의 바람으로 도달한 거리

[그림 3] 각각 기본형과 경사형이 도달한 거리를 나타낸 그림

기본형의 측면 기준 한계 풍속 16m/s에 대한 거리를 척도로 할 때, 1차 축소형이 계산된 자신의 설계 풍속보다 0.6m/s 낮은 풍속으로 해당 거리에 도달하였다. 그러나, 1차 경사형에 대해 실험하였을 때, 기본형과 1차 경사형이 각각의 설계 풍속을 정면으로 맞고 밀려난 거리의 간격이 굉장히 큰 것을 확인하였다.

연구 방법



[비닐하우스 간이 모형 설계]

실제 모델을 1/20의 비율로 축소하여 기본형, 1차 축소형, 2차 축소형, 1차 경사형, 2차 경사형 간이 지붕 모형을 만들었다. 각 모형의 가로대, 세로 기둥, 아치형 철골 등은 삼각함수를 이용하여 규격을 구했다.



[실험 환경 구축]

간이 모형이 바람에 의해 이동한 거리를 실험 데이터로 사용했다. 고정된 비닐하우스 모형에 대해 실험할 경우, 한계 풍속에 도달하기 전까지는 유의미한 실험 결과를 도출할 수 없기 때문이다. 모형의 이동을 영상 분석 프로그램인 Tracker를 통해 그래프화했다.



[실험 1 : 높이, 경사각과 내풍성의 상관관계 탐구]

21m/s, 30m/s, 46m/s의 3단계의 풍속으로 풍동실험을 진행했다. Tracker로 분석한 그래프의 기울기를 분석하여 모형 별로 바람에 밀린 속도를 비교했다. 각 모형의 진동을 사인그래프로 분석하여 비교했고, 모형의 안정성 및 내풍성과 연결시켰다.



[실험 2 : 가변형과 기본형 비닐하우스의 효율성 증명]

기본형의 한계 풍속 16m/s에 대한 이동거리와 일의 양을 기준으로 했다. 다른 모형이 해당 거리에 도달하기 위해 필요한 최소 풍속을 구하는 공식을 유도했다. [수식 4] 공식으로 구한 풍속값과 실험에서 구한 풍속값의 오차를 확인한다. [그림 2], [그림 3]

연구활동 및 과정

