

내재해성이 우수한 비닐하우스 부재의 단면형상 및 구조시스템에 관한 연구

A Study on the Shape of Section in Member and Stress Tolerant Structural System in
the Frame of Green Houses

심 종 석 ■ Shim, Jong-Seok

정회원, 동서울대학교 건축과 부교수, 공학박사

한 덕 전 ■ Han, Duck-Jeon

정회원, 서일대학교 건축과 교수, 총장, 공학박사

Abstracts

The damage of greenhouse has been increasing due to frequent collapse of frame in greenhouse caused by the heavy snow and strong wind. But, greenhouses are constructed by steel tube members of pipe style and pin connection of them, so these greenhouses are very weak. Therefore, this study was carried out to find the type of member section and structural frame system in stress tolerant greenhouses. The modeling types for analysis were designed in accordance with structural frame configuration and member section in greenhouse. These types of models, which are existing type, diagrid type, symmetric and asymmetric section type of frame member in greenhouse were classified. Displacement analysis varying the vertical and horizontal loads for a series of models was carried out. As a result of this paper, it was verified that the structural frame configuration of diagrid type and asymmetric type of member section is better than existing type in the frame of greenhouses against snow loads and wind loads.

Keywords

Stress Tolerant, Shape of Section, Structural Frame Configuration, Symmetric and Asymmetric Section

키워드

내재해성, 단면형상, 골조 구조형상, 대칭, 비대칭 단면

* 본 연구는 2011년도 서일대학교 학술연구비 지원에 의해 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

1. 서론

1980년대부터 본격적으로 보급되기 시작한 농업시설물은 정부의 농촌지원사업이 더욱 확대 되면서 최근 급속히 증가하여 2011년말 기준 74,000ha에 달하였고, 이는 국내 전체 채소 재배면적 275,000ha의 약 27%에 달하는 면적으로, 이중 비닐하우스 시설이 약 73,000ha를 차지하고 있다. 근래에는 기후 변동으로 인한 폭설, 폭우 등 기상재해가 빈발하여, 농가시설물의 피해가 확대되고 있어 국내의 농업환경을 위태롭게 하고 있다. 이러한 해마다 반복되는 재해로부터의 피해를 줄이기 위한 근본적인 대책마련이 시급함에도, 정부의 혁신적인 대책마련이 미흡한 실정이다.


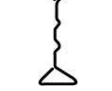
최근 몇 년간 비닐하우스 시설물에 대한 구조성능 개선을 위한 연구가 진행되었으나, 현실적인 성과는 매우 부족하다고 판단된다. 이제까지의 비닐하우스 구조에 대한 연구는 기존의 강관파이프를 사용한 구조 형태를 그대로 둔 채, 측면 기둥 등 응력이 취약한 부분에 대한 보강이나 수직서까래에 수평방향 타이로드 설치¹⁾ 및 내부에 지주나 동바리 보강, 또는 기초보강 방법 등에 한정된 것으로²⁾, 기존의 하우스구조물에 대한 내재해 성능을 크게 개선시키지는 못한 것으로 평가된다.

기존의 비닐하우스 구조는 외부 하중을 독립된 아치형 프레임의 강성만으로 지지되도록 되어 있으므로 비닐하우스를 구성하고 있는 접합부의 결합상태, 부재형상의 불연속성, 프레임의 좌굴길이 및 수평지지 상태 등을 고려할 때 역학적으로 불안정한 구조라 할 수 있다. 특히, 수직프레임과 띠장 등 수평재와의 결합구조가 취약하므로 강관 프레임이 비닐로부터 전달되는 연직하중을 독립적으로 지지하게 되므로 편심하중에 취약하며, 특히 횡력에 대한 저항력이 취약해서 바람과 폭설이 동반될 경우 면외좌굴과 편심하중으로 수직프레임에 2차 편심응력이 발생하여 붕괴될 가능성이 높다.

비닐하우스 구조에 대한 이러한 구조적인 취약성에

도 불구하고 비주거용이며 비교적 쉬운 시공법 및 짧은 사용연한 등의 이유로, 안정적인 구조물 설치에 따른 비용부담을 기피하는 것도 농가 현실이다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 개선하여 재해시의 피해를 최소화할 수 있는 비닐하우스 구조시스템을 개발하는 것을 목적으로, 프레임 등 주부재의 결합 형태의 변경, 또는 기존 강관파이프 주부재의 단면 형상 변화 및 그에 따른 접합부 개발을 하여, 구조해석을 통하여 구조성능에 대한 비교분석을 하고자 한다.

표 1. 비닐하우스의 유형별 분류

구분	모델명	단면		접합 유형
		프레임	띠장	
기존형	Ex	강관튜브	강관튜브	+자형
다이아그리드형	Dia	강관튜브	강관튜브	×자형
단면변형형	Sec-A1			+자형
단면변형형	Sec-A2			+자형
단면변형형	Sec-B1			×자형
단면변형형	Sec-B2			+자형

비닐하우스 구조시스템별 유형은 표 1에 나타내었으며, 기존형 외에 다이아그리드형과 단면변형형으로 구분된다. 다이아그리드형은 강관파이프 프레임을 경사로 서로 교차 조립하여 하우스 길이방향으로 부재간 결속을 강화시킴으로써, 수평, 수직강성을 크게 하고자 하였다. 단면변형형은 비대칭 단면형과 대칭 단면형으로 구분되며, 표 1의 그림과 같이 박판의 강판을 롤포밍하여 제작한다. 대칭 단면형은 강관파이프 단면에 비해 강축방향 휨강성이 크고, 단면성형도 비교적 용이하다. 또한, 웨브 춤이 크므로 단일프레임을 수직서까래로 사용할 경우 비틀림에 대해 저항력이 약한 특성이 있다.

반면, 비대칭 단면형은 웨브 춤을 줄이고 상부 플랜지 폭을 크게 하여 대칭 단면에 비해 휨강성을 다소 크게 하였으며, 아래로 말아 넣은 넓은 플랜지 형상은

1) 김보경 외 3인, “장스팬 비닐하우스의 폭설에 의한 붕괴 방지법 연구”, 한국강구조학회논문집, 제22권 1호, pp.67-74, 2010. 2

2) Lee, S.G., Lee, J.W., Lee, H.W., “Development of Reinforcement Strategy of One-Span Vinyl House for Reduction of Damage by Heavy Snow”, Journal of Bio-Environment Control, Vol.14 No.2, pp.131-137, 2005

기존 강관파이프에 비해 비닐의 손상을 크게 줄일 수 있고, 플랜지 중간의 틈에 비닐 지지용 끈의 설치가 가능한 단면 구조이다.





대칭 단면은 단위부재를 조립, 설치하는 다이아그리드형(Sec-B1)과 단일 프레임에 수평재를 연결한 격자형(SEC-B2)으로 하였으며, 비대칭 단면은 수평재의 단면을 두가지로 적용한 격자형 구조(Sec-A1, Sec-A2)로 개발하였다. 개발한 비닐하우스 구조시스템은 구조안전성과 시공성 및 경제성을 고려하여 개발하였으며, 연구성과에 따라, 구조적인 우수성의 확인과 함께 내재해성이 우수한 신개념의 비닐하우스 단면 및 구조시스템으로 제안하고자 한다.

2. 구조해석

2.1 구조시스템 개요

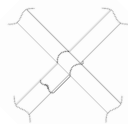
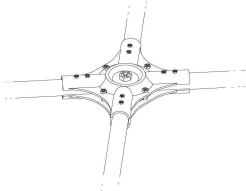
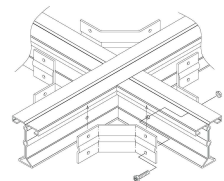
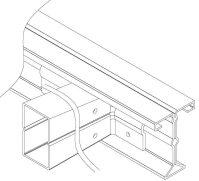
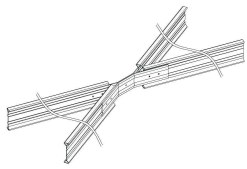
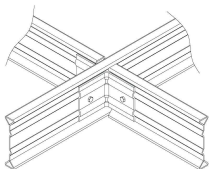
비닐하우스 골조 구조시스템의 모델링 및 구조해석은 Midas Gen 프로그램으로 진행하였다. 비닐하우스의 단면 형상을 그림 1과 같이 아치형과 표준형으로 구분하고, 골조 구조시스템으로는 기존형, 다이아그리드형 및 기존형 타입에 변형단면을 적용하고 수평부재를 추가 설치한 단면변형형으로 하였다.

표 2. 부재의 단면특성

구분	단면 치수 (mm)	단면적 (mm ³)	단면 계수 (mm ³)	항복 강도 (MPa)	인장 강도 (MPa)
강관 파이프	∅ 34.0×2.3	229.10	1,700.0	235	400
	H=54 B1=40 B2=20 t=1.6	299.04	7,232.3	235	400
	H=30 B=20 t=1.6	149.8	1,203.5	235	400
	H=76 B=32 t=1.6	298.24	8,529.9	235	400
	H=74 B=28 t=1.6	228.48	6,041.4	235	400

모든 프레임의 지점은 지중 고정³⁾으로, 프레임과 띠장, 수직 프레임과 수평부재의 접합은 강접합으로 가정하였다. 강관파이프의 단면치수는 ∅ 34.0×2.3 를 사용하고, 변형단면은 1.6t의 박판을 롤 포밍하여 사용하며, Sec-A1, Sec-A2의 비대칭 변형단면은 반쪽씩 성형 후 선용접한다. 부재의 재질은 SS 400 및 SPS 400을 사용하였다. 다이아그리드형은 강관파이프 부재를 단위부재로 절단하여 접합부로 연결 조립하는 형태로 하며, 비대칭 변형단면은 수직프레임과 수평부재를 연결부재를 사용하여 직각결합하는 방법을 택하였고, 수평부재로 중앙부를 절곡시킨 각형강관을 사용(Sec-A2)하기도 한다. 대칭 변형단면은 다이아그리드형과 +자형으로 연결부재를 사용하여 조립하는 형태로 한다.

표 3. 유형별 접합부 형상

유형	Ex	Dia
형상		
유형	Sec-A1	Sec-A2
형상		
유형	Sec-B1	Sec-B2
형상		

3) Lee, S.G., Lee, J.W., Kwak, C.S., Lee, H.W., "Experimental Study on the Ground Support Conditions of Pipe Ends in Single Span Pipe Greenhouse", Journal of Bio-Environment Control, Vol.17 No.3, pp.188-196, 2005

2.2 해석 방법

적설하중은 50cm 적설심 기준 지상적설하중 기본값으로 0.5kN/m²를 적용하였고, 풍하중 산정 시 설계 기본풍속은 35m/sec를 적용하였다.

(1) 적설하중

$$S_s = (C_b \cdot C_e \cdot C_t \cdot I_s \cdot S_g) C_s \quad (1)$$

S_s : 곡면지붕 설계적설하중(kN)

C_b : 기본지붕적설하중계수(0.7)

C_e 노출계수(1.0)

C_t 온도계수(1.2)

I_s 중요도 계수(0.8)

S_g 지상적설하중(0.5)

C_s 곡면지붕 경사도계수

(2) 풍하중

$$W_f = p_r \cdot A \quad (2)$$

$$p_r = q_h \cdot (G_f \cdot C_{pe} - G_i \cdot C_{pi}) \quad (3)$$

W_f : 지붕골조용 설계풍하중(kN)

q_h : 설계속도압(kN/m²)

G_f, G_i : 가스트영향계수

C_{pe}, C_{pi} : 외압계수, 내압계수

표 4. 비닐하우스의 규격 (단위:mm)

구분	Ex	Dia	Sec-A1 Sec-B1	Sec-A2 Sec-B2
폭	6,000	6,000	6,000	6,000
길이	20,000	20,000	20,000	20,000
둥고	3,000	3,000	3,000	3,000
측고 (표준형)	1,200	1,200	1,200	1,200
프레임 간격	500	1,111	833	690
바닥면적 (mm ²)	1.2×10 ⁸	1.2×10 ⁸	1.2×10 ⁸	1.2×10 ⁸

다이아그리드형의 경우, 적설하중은 분담폭을 고려하여 선하중(line load)으로 해석모델에 반영하였고, 용마루 직각방향의 풍하중은 산정된 풍압에 분담폭을 고려하여 선하중으로, 용마루 방향의 풍하중은 풍압에

수압면적을 고려하여 풍상면과 풍하면의 각 절점에 집중하중으로 해석모델에 반영하였다. 본 연구에서 설하중은 자중을 포함하여 적용하였고, 설계하중은 식 (1), (2) 및 (3)과 같이 구하였다.

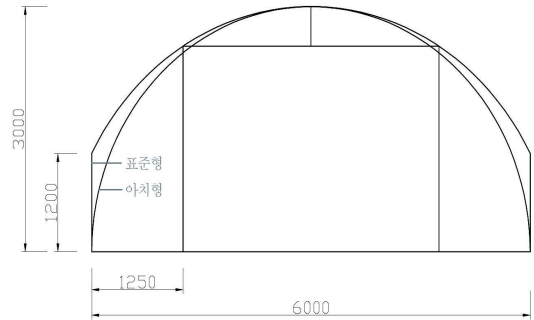


그림 1. 비닐하우스 단면형상 및 치수

3. 해석결과 및 고찰

3.1 해석 결과

표 5. 유형별 최대변위량

(a) 아치형 타입 (단위:mm)					
모델명	δ_{z1}	δ_{z2}	δ_x	δ_y	wt. (N)
Ex	3.78	14.97	479.22	196.40	8199
Dia	3.26	14.79	307.27	74.74	7739
Sec-A1	1.71	9.95	207.81	155.56	7722
Sec-A2	1.35	8.09	183.76	144.73	7657
Sec-B1	1.78	6.93	98.33	109.21	7718
Sec-B2	0.59	3.53	71.42	147.40	7702

(b) 표준형 타입 (단위:mm)					
모델명	δ_{z1}	δ_{z2}	δ_x	δ_y	wt. (N)
Ex	6.98	39.04	702.93	186.62	8075
Dia	3.90	18.09	159.77	79.00	7920
Sec-A1	3.05	18.39	241.12	99.19	8111
Sec-A2	2.46	18.05	223.42	115.09	7855
Sec-B1	2.62	10.50	83.20	110.34	7959
Sec-B2	1.08	6.50	83.21	180.15	8089

주) δ_{z1} : 자중에 의한 수직 최대변위량(mm)

δ_{z2} : 설하중(50kg/m² 적용)에 의한 수직최대처짐량(mm)

δ_x : 풍하중에 의한 x방향(폭) 수평최대변위량

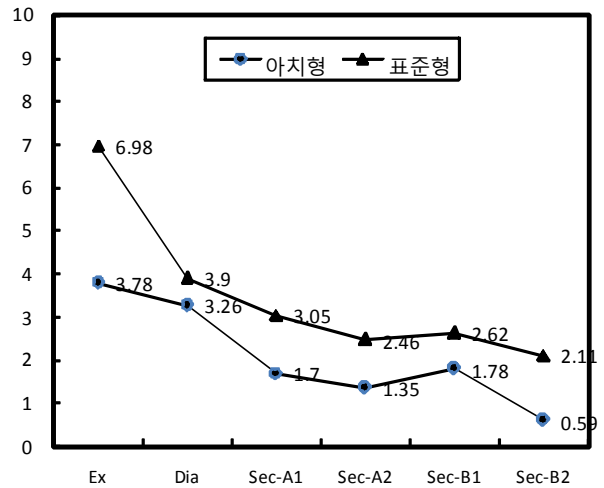
(mm), 용마루 직각방향
 δ_y : 풍하중에 의한 y방향(길이) 수평최대변위량
 (mm), 용마루 방향
 wt. : 비닐하우스 골조의 총무게(N)

해석결과, 단면형상 및 골조 구조시스템별 최대변위량은 표 5에 나타내었다. 아치형 타입의 경우, 설하중에 의한 수직최대처짐량은 다이아그리드형이 기존형과 거의 유사한 값으로 나타났지만, 단면변형형은 기존형에 비해 23.6~66.5% 범위로 크게 낮게 나타났다. 그 중 대칭형 단면인 Sec-B2모델의 처짐량이 가장 낮은 것으로 나타났다.

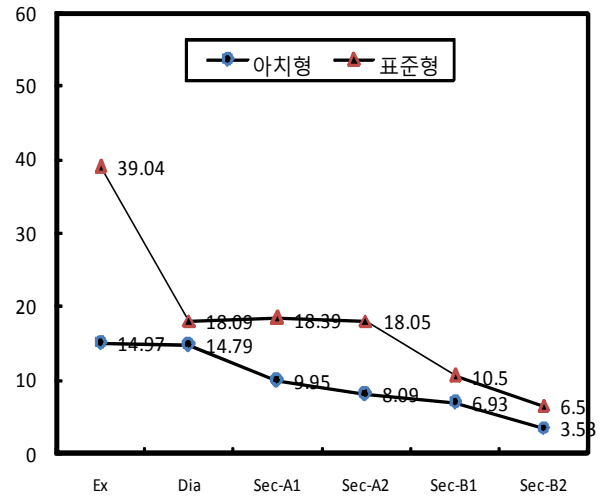
풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은 다이아그리드형이 307.3mm로 기존형에 비해 35.9% 감소되는 것으로 나타났고, 단면변형형은 기존형의 14.9~43.4% 범위로 변위량이 크게 낮아지는 것으로 나타났다. 그 중 Sec-B2 모델은 기존형에 비해 6배 이상 변위량이 감소하는 것으로 나타났다. 풍하중에 의한 길이방향 수평최대변위량은 다이아그리드형이 기존형의 61.9%로 해석 모델 중 가장 낮게 나타났으며, 단면변형형에서는 Sec-B1 모델이 기존형보다 44.4% 감소한 값으로, 가장 작게 나타났다.

그 밖의 단면변형형은 기존형의 73.7~79.2%의 범위로 유사한 값으로 나타났다. 표준형 타입의 경우, 설하중에 의한 수직최대처짐량은 아치형 타입과는 달리, 다이아그리드형과 단면변형형 Sec-A1, Sec-A2 모델의 값이 기존형의 46.2~47.1%로 거의 유사하게 나타났으며, 단면변형형 Sec-B2 모델의 값이 기존형의 6배 이상 작은 것으로 나타났다. 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은 다이아그리드형이 159.77mm로 기존형에 비해 77.3%나 감소되는 것으로 나타났다. 단면변형형은 비대칭형 모델(Sec-A1, Sec-A2)이 기존형보다 65.7~68.2%나 낮게 나타났으며, 대칭형 단면의 경우 Sec-B1, Sec-B2 모델 모두 기존형의 11.8%로 매우 낮은 변위값을 나타내었다.

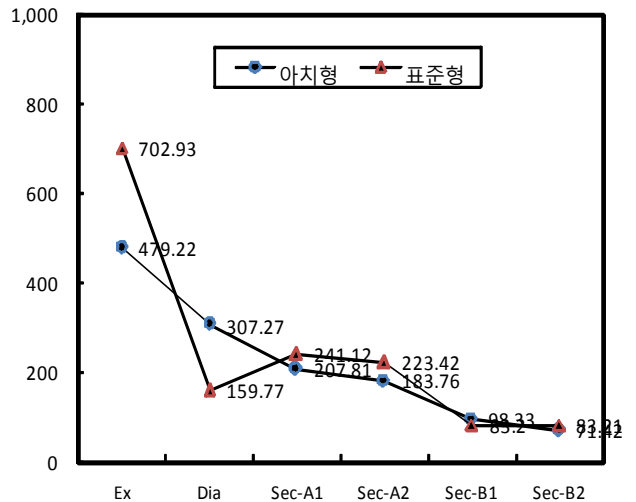
풍하중에 의한 길이방향 수평최대변위량은 다이아그리드형이 기존형의 57.7%로 해석 모델 중 가장 낮게 나타났으며, 단면변형형에서는 대칭형 단면인 Sec-B2 모델이 기존형과 거의 유사한 값(96.5%)을 나타내었고, 그 밖의 단면변형형(Sec-A1, Sec-A2, Sec-B1)은 기존형의 53.2~61.7%의 범위로 비교적 낮은 값으로 나타났다.



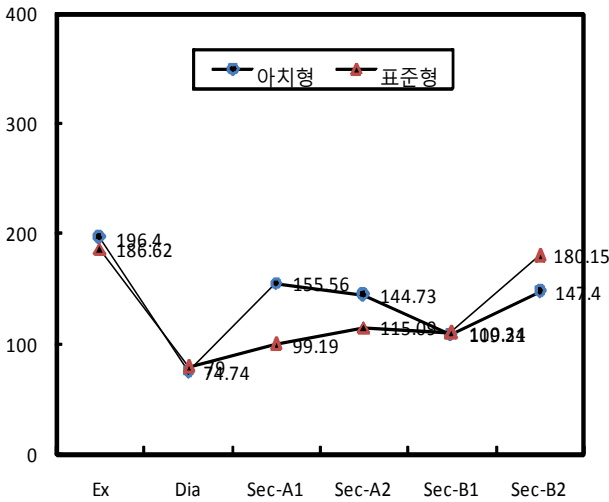
(a) 자중에 의한 수직최대처짐량 (δ_{z1})



(b) 설하중에 의한 수직최대처짐량 (δ_{z2})



(c) 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량 (δ_x)



(d) 풍하중에 의한 길이방향 수평최대변위량 (δy)

그림 2. 유형별 최대변위량

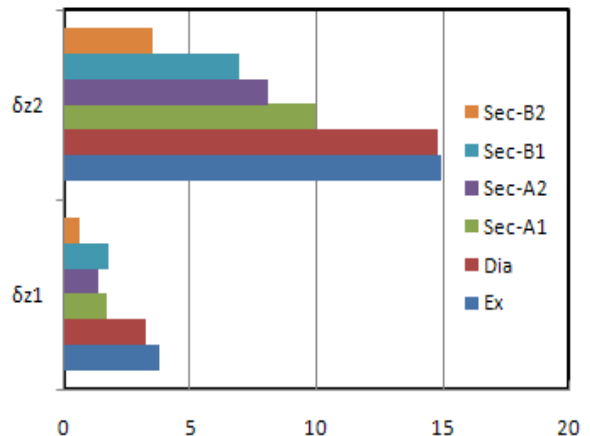
3.2 분석 및 고찰

자중 및 설하중에 의한 수직최대처짐량 및 풍하중에 의한 폭, 길이방향 수평최대변위량은 그림 2, 3에서와 같이 나타낸다. 자중에 의한 수직최대처짐량은, 아치형, 표준형 타입 모두 기존형, 다이아그리드형, 단면변형형의 순으로 처짐량이 작게 나타났으며, 기존형에서는 표준형 타입이 아치형보다 84.6% 크게 나타났다. 또한, 표준형 타입에서의 다이아그리드형이 아치형 타입에서의 처짐량 값보다 30.3% 낮게 나타나는 것을 제외하고는 그밖의 모델에서는 기존형 대비 처짐량 감소율이 거의 유사한 것으로 확인된다. 자중에 의한 수직최대처짐량은 비닐하우스 골조의 전 모델에서 표준형 타입이 아치형 타입보다 다소 크게 나타남을 알 수 있다. 설하중에 의한 수직최대처짐량은 아치형의 경우, 표준형에 비해 비닐하우스 골조 모델유형의 변화에 따른 차이가 크지 않은 것으로 나타난다.

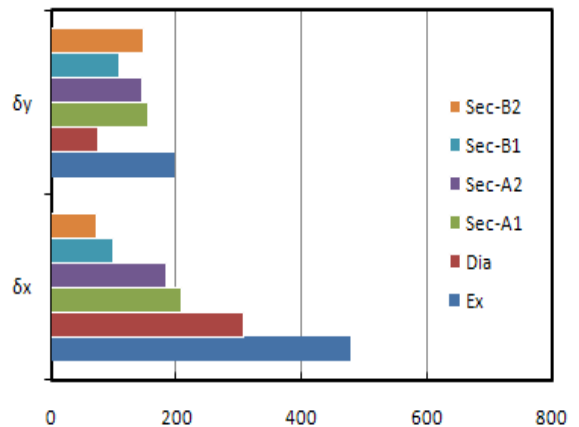
또한, 다이아그리드형과 단면변형형 Sec-A1, Sec-A2 모델의 처짐량이 거의 유사하게 나타난 것은 3가지 유형의 모델이 골조의 수직강성이 서로 비슷함을 확인시켜준다. 대칭형 단면이며 다이아그리드형인 Sec-B1 모델은 다이아그리드형보다 42.9% 낮은 것으로 나타나며, 대칭형 단면이며 격자형인 Sec-B2 모델은 비대칭형 단면이며 격자형인 Sec-A1 모델의 35.3%로, 크게 낮은 것으로 나타난다. 설하중에 의한 수직최대처짐량도 골조의 전 모델유형에서 표준형 타입이 아치형 타입보다 다소 큰 값으로 나타남을 알 수 있다. 또한, 설하중에 의한 수직최대처짐량은 기존

형과 단면변형형 중 비대칭형 단면 모델이 아치형과 표준형 타입의 처짐량 차이가 큰 것으로 확인된다.

결과적으로, 아치형타입에서의 설하중에 의한 수직최대처짐량은 비닐하우스 골조의 구조시스템보다는 주부재의 단면 형상의 영향을 더 받는 것을 알 수 있다. 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은 다이아그리드형을 제외한 단면변형형 전체 모델에서 아치형과 표준형 타입의 변위량이 거의 유사한 것으로 확인되며, 다이아그리드형에서는 아치형이 표준형보다 약 2배 가량 큰 것으로 나타난다. 폭방향 수평최대변위량은 단면변형형 중 대칭형 단면인 Sec-B2 모델이 가장 작게 나타나므로 비닐하우스의 폭방향 수평강성이 가장 큰 것으로 확인된다. 따라서, 폭방향 수평최대변위량은 아치형, 표준형 타입 모두 비닐하우스 골조의 단면 형상보다는 주부재의 단면 형상과 구조시스템의 영향을 더 받는 것으로 확인된다.

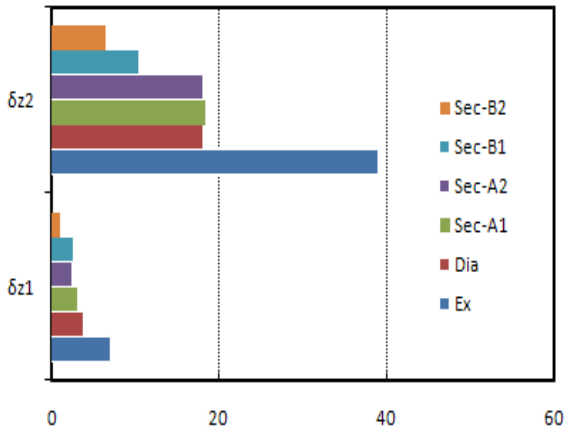


(a) 자중 및 설하중에 의한 수직최대처짐량

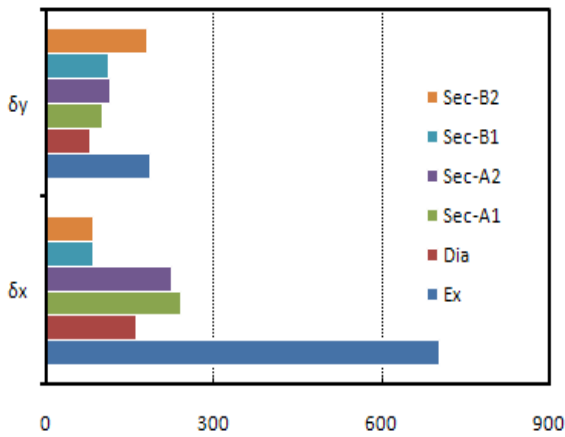


(b) 폭, 길이방향 수평최대변위량

그림 3. 아치형 타입의 유형별 최대변위량



(a) 자중 및 설하중에 의한 수직최대처짐량

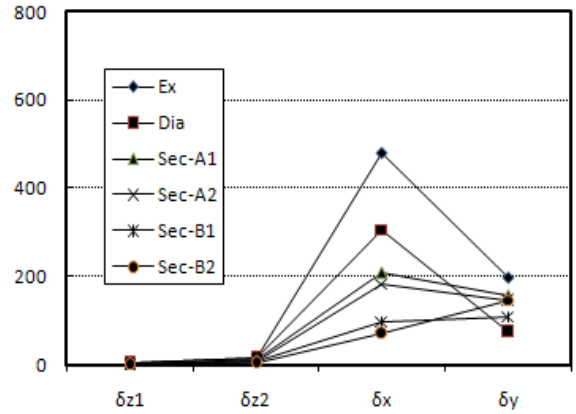


(b) 폭, 길이방향 수평최대변위량

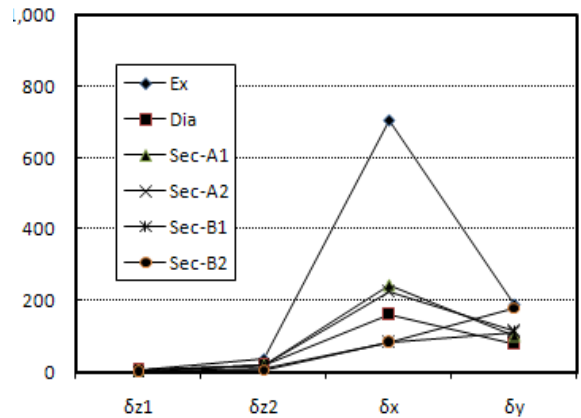
그림 4. 표준형 타입의 유형별 최대변위량

한편, 풍하중에 의한 길이방향 수평최대변위량은 기존형과 다이아그리드형 및 단면변형형 Sec-B1 모델에서 아치형과 표준형 타입이 거의 유사한 변위량을 나타내었다. 그 밖의 단면변형형 모델에서, 비대칭형인 Sec-A1 및 Sec-A2 모델은 아치형이 표준형보다 변위량이 크고, 대칭형인 Sec-B2 모델은 표준형이 아치형 타입보다 변위량이 큰 것으로 확인된다. 전체모델유형 중 강관파이프를 사용한 다이아그리드형의 값이 아치형, 표준형 타입 모두에서 가장 작게 나타나 비닐하우스 골조의 길이방향 수평강성이 가장 큰 것을 알 수 있다. 따라서, 길이방향 수평최대변위량은 아치형, 표준형 타입 모두 주부재의 단면 형상보다는 비닐하우스 골조의 구조시스템의 영향을 더 받는 것으로 확인된다. 이는 거의 없는 것으로 확인된다. 분석결과, 전반적으로 개발된 비닐하우스 골조의 전체 모델에서 풍하

중에 의한 길이방향 수평최대변위량을 제외하고는 아치형 타입이 표준형 타입에 비해 구조시스템 및 부재 단면 형상 변화에 따른 재하시 변위량 변화의 폭이 작은 것으로 나타난다.



(a) 아치형 타입 최대변위량

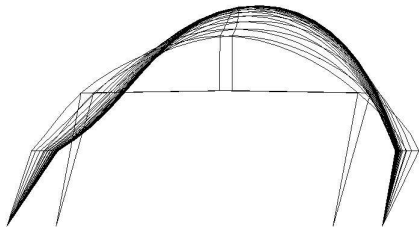


(b) 표준형 타입 최대변위량

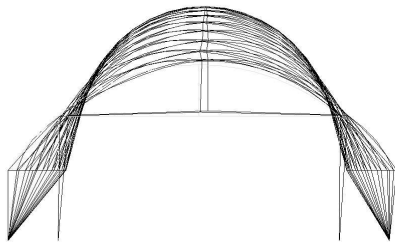
그림 5. 비닐하우스 골조 유형별 최대변위량 변화

그림 5에서와 같이, 다이아그리드형이나 단면변형형 모델 모두 기존형에 비해 풍하중에 대한 폭방향 저항력이 크게 증대되고, 설하중에 대한 수직강성의 증대 폭도 풍하중에 대한 길이방향 수평강성의 증가값보다 큰 것으로 확인된다. 다이아그리드형의 경우, 아치형 타입에서는 풍하중에 대한 저항력이 크게 증대되고, 표준형 타입에서는 설하중과 풍하중에 대한 저항력이 모두 크게 증대되는 효과가 나타나는 것으로 확인된다. 또한, 아치형 타입에서, 단면변형형 중 비대칭형인 Sec-A1, Sec-A2 및 대칭형 Sec-B2 모델은 설하중에 대한 수직강성 및 풍하중에 대한 폭방향 수평강성이

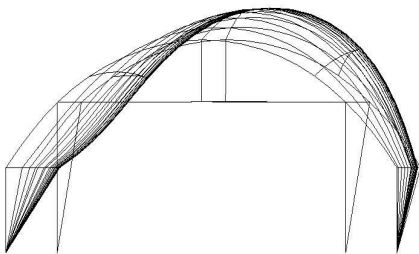
기존형에 비해 크게 증대되는 것으로 확인된다. 반면, 대칭형 단면이며 다이아그리드형인 Sec-B1 모델은 기존형에 비해 설하중 및 풍하중에 대한 저항력이 전반적으로 크게 증대되는 것으로 나타난다.



(a) 기존형(Ex) 골조 단면



(b) 다이아그리드형(Dia) 골조 단면



(c) 단면변형형(Sec-B2) 골조 단면

그림 6. 풍하중 작용시의 폭방향 변형형상(표준형 타입)

해석결과, 표준형 타입에서는 다이아그리드형이 단면변형형에 비해 풍하중에 대한 저항력이 가장 현저하게 증대되는 것으로 확인된다. 그 밖의 단면변형형인 Sec-A1, Sec-A2 및 Sec-B1 모델에서도 설하중 및 풍하중에 대한 저항력이 크게 증대되는 것으로 나타나, 안정적인 부재 형상과 골조 구조시스템임이 입증되나, 대칭형 단면인 Sec-B2 모델에서는, 풍하중에 대한 길이방향 수평강성이 기존형과 유사한 값으로 나타났다. 따라서, 주부재의 단면변경 효과가 풍하중

에 대한 길이방향 저항력에 미치는 영향은 크지 않은 것으로 확인된다. 결과적으로, 다이아그리드형과 단면변형형 중 비대칭형 단면의 골조모델이 비닐하우스구조에 있어서 설하중과 풍하중에 대한 저항력을 크게 개선할 수 있는 구조적으로 안전한 구조시스템이라 평가된다. 표준형 타입에 대한 풍하중 작용 시의 폭방향 변형형상은 그림 6과 같이, 기존형은 수평하중에 대한 강관파이프의 휨강성이 약하므로, 변위량이 크게 나타난 반면, 다이아그리드형은 측기둥의 구속력과 상부 아치부재의 상호 결합에 휨강성이 커지므로, 상대적으로 매우 작은 변위량이 나타나는 것으로 분석된다. 특히 표준형 타입의 다이아그리드형 모델은 아치형 타입보다 상층부 아치부재의 곡률반경이 크고 측기둥의 구속력이 크므로, 아치형 타입에서의 다이아그리드형보다 작은 변위량을 나타내는 것으로 사료된다. 단면변형형 중 대칭단면이며 다이아그리드형인 SEC-B1 모델은 강관파이프에 비해 주부재의 휨강성이 크므로, 다이아그리드형보다 폭방향 변위량이 작게 나타남을 알 수 있다. 대칭형 단면인 Sec-B2 모델 역시 주부재의 강축방향 휨강성이 매우 크므로, SEC-B1 모델과 함께 폭방향 수평변위량이 가장 작게 나타나는 것으로 평가된다.

4. 결론

본 연구에서는 내재해성이 우수한 비닐하우스 부재의 단면형상 및 골조 구조시스템 개발을 위하여 유형별 골조모델을 설계하여 구조해석을 수행하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 설하중에 대한 저항력은 아치형, 표준형 타입 모두 대칭형 단면변형형인 Sec-B2 모델이 가장 큰 것으로 나타나며, 설하중에 의한 수직최대처짐량은 비닐하우스의 구조시스템 보다는 주부재의 단면 형상의 영향을 더 받는 것을 알 수 있다.
2. 폭방향 수평최대변위량은 아치형, 표준형 타입 모두 비닐하우스 골조의 단면 형상보다는 주부재의 단면 형상과 구조시스템의 영향을 더 받는 것으로 나타나며, 길이방향 수평최대변위량은 주부재의 단면 형상보다는 비닐하우스 골조의 구조시스템의 영향을 더 받는 것으로 확인된다.
3. 폭방향 수평강성은 대칭 단면변형형인 Sec-B1, Sec-B2 모델이 가장 크게 나타나고, 길이방향 수평강성은 다이아그리드형이 가장 큰 것으로 나타나며, 전

체 골조모델에서 아치형 타입에서는 풍하중에 대한 저항력이 크게 증대되고, 표준형 타입에서는 설하중과 풍하중에 대한 저항력이 모두 크게 증대되는 효과가 나타나는 것으로 확인된다.

4. 결과적으로, 다이아그리드형과 비대칭형 단면변형형 골조모델은 비닐하우스구조에 있어서 설하중과 풍하중에 대한 저항력을 기존형보다 크게 개선할 수 있는 내재해성능을 갖춘 안전한 구조시스템이라 평가된다.

참고문헌

1. 심종석, 이춘호, 내재해성이 우수한 비닐하우스골조 구조시스템 개발에 관한 연구, 한국디지털건축인테리어학회 논문집, 제 12권 1호, pp.5-13, 2012.3
2. 농촌진흥청 농업공학연구소, 농업시설 기상재해 경감 가이드북, 2007.9
3. 김영문 외 3인, 비닐하우스의 풍압계수 분포에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 제 25권 8호, pp.87-94, 2009.8
4. 이석건, 온실의 자재절감 및 안전성 향상을 위한 최적모델 및 설계시스템 개발, 농림부, 2007.5
5. 양상훈, 남상운, 내설성 향상을 위한 지붕형 조립식 파이프하우스의 개발, 한국농공학회논문집, 제 51권 3호, pp.71-78, 2009.5
6. 김보경 외 3인, 장스팬 비닐하우스의 폭설에 의한 붕괴방지법 연구, 한국강구조학회논문집, 제 22권 1호, pp.67-74, 2010.2
7. 조재웅 외 2인, 폭설시 비닐하우스의 구조해석에 의한 모델 개발, 한국산학기술학회논문집, 제11권 8호, pp.2727-2733, 2011.8
8. Park, S.E., Lee, J.W., Lee, S.G., Choi, J.H. Analysis and Reinforcing Method of Greenhouse Frame for Reducing Heavy Snow Damage, Journal of Korea Institute for Structural Maintenance Inspection, Vol.15 No.1, pp.1-7, 2010.8
9. Lee, S.G., Lee, J.W., Lee, H.W., Development of Model for Structural Stability Improvement of Small-Scale Pipe Greenhouse, Journal of Bio-Environment Control, Vol.15 No.1, pp.268-273, 2006
10. Lee, S.G., Lee, J.W., Lee, H.W., Development of Reinforcement Strategy of One-Span Vinyl House for Reduction of Damage by Heavy Snow, Journal of Bio-Environment Control, Vol.14 No.2, pp.131-137, 2005
11. Lee, S.G., Lee, J.W., Kwak, C.S., Lee, H.W., Experimental Study on the Ground Support Conditions of Pipe Ends in Single Span Pipe Greenhouse, Journal of Bio-Environment Control, Vol.17 No.3, pp.188-196, 2008
12. Kang, M.M., Yun, Y.M., Unified Size and Shape Discrete Optimum of Planar and Spatial Steel Structures under Nonlinear Behavior Using Refined Fuzzy-Genetic Algorithms, National Research Foundation of Korea. 2004. 9

13. Yum, S.H., Kim, S.H., Lee, S.B., Kim, M.Y., Kim, C.S. Effect of a Supplementary Pole on the Structural Stability in the Single-span Plastic Greenhouses, Journal of Bio-Environment Control, Vol.19 No.2, pp.63-69, 2010

논문접수일 (2012, 11, 2)

심사완료일 (1차 : 2012, 11, 16. 2차 : 해당없음)

게재확정일 (2012, 11, 23)