

내재해성이 우수한 비닐하우스골조 구조시스템 개발에 관한 연구

A study on Development of Stress Tolerant Structural System in the Frame of Greenhouses

심 종 석 | Shim, Jong-Seok

정회원, 동서울대학교 건축과 부교수, 공학박사

이 춘 호 | Lee, Choon-Ho

정회원, 에이아이지 건축구조연구소 소장, 공학박사

Abstracts

The frame of pipe greenhouses in Korea have been collapsed increasingly due to very weak in structure caused by the heavy snow and strong wind. In order to reduce the collapse of greenhouses, it is urgent to develop the new structural system in stress tolerant greenhouses. Therefore, this paper performed the structural analysis of greenhouse frame in accordance with snow loads and wind loads. Three type models in structural frame configuration of greenhouses, that is, existing type, diagrid type, and honeycomb type are selected. It was classified the section shape of structural frames in greenhouses into arch style, standard style, and diagonal standard style. As a result of this paper, it was verified that the structural system of diagrid type is better than that of existing type against snow loads and wind loads in the frame of greenhouses.

Keywords

Frame of Green House, Stress Tolerant, Diagrid Type, Honeycomb Type

키워드

비닐하우스 골조, 내재해성, 다이아그리드형, 허니컴형

* 본 연구는 2010년도 동서울대학 학술연구비 지원 연구의 일부임

1. 서론

우리나라의 비닐하우스를 포함한 농업시설은 1980년대부터 본격적으로 보급되기 시작하여 1990년대 초 정부의 시설 현대화 지원 사업으로 시설의 규모와 면적이 급속하게 확대되어 1990년 초 25,450ha에서 2008년 말 기준으로 52,609ha로 2배 이상 증가하였다. 이 중 비닐하우스 시설이 약 50,000ha로 전체의 95%를 차지하고 있으며, 비닐하우스 시설 중에서도 단동 비닐하우스가 전체 시설면적의 80.3%를 차지하고 있다.

근래에 이상기후로 기후 변동의 폭이 커지면서 기상재해가 빈발하고 그 피해의 규모가 기하급수적으로 커지고 있어서 시설농업의 생산기반 자체를 위태롭게 하고 있는 실정이다. 특히 폭설과 태풍으로 인한 피해는 표 1과 같이 매년 빈번하게 반복되고 있음에도 대책이 미흡한 형편이다. 2008년 농촌진흥청 자료에 따르면 2004년부터 2008년까지 5년간 시설물 피해 복구비는 1조 5,122억 원으로, 그중 비닐하우스가 75%로 가장 많았고, 재해원인으로는 폭설이 78%를 차지하고 있으며, 연간 평균 피해복구액도 약 3,000억 원에 달하고 있다.

표 1. 비닐하우스 피해현황 (단위 : ha)

발생년도	재해종류		총계
	폭설	태풍,호우	
2001	4,999	-	4,999
2002	-	1,227	1,227
2003	2,221	1,705	3,926
2004	2,230	160	2,390
2005	1,348	-	1,380
총계	10,798	3,092	13,890
연평균	2,160	618	2,778
비율	78%	22%	100%

중소형 비닐하우스는 주요 부재로 아연도금 강관파이프를 사용, 상층부는 박공모양의 산형라멘에 기둥과 연결되는 중층부는 아치형으로 프레임을 구성하여 독립 프레임을 수직으로 세우고 최상부 또는 중층부 한 곳에만 수평연결재를 결합한 형태로 외부 하중을 독립된 아치형 프레임의 강성만으로 지지되도록 설치되어 있으므로 비닐하우스를 구성하고 있는 접합부의 결합상태, 부재 형상의 불연속성, 프레임의 좌굴길이 및 수평지지 상태 등을 고려할 때 구조적으로 불안정한 상태로 되는 문제점이 있다. 기존 비닐하우스 구조

는 수직프레임과 수평 띠장의 결합구조가 취약하므로 강관프레임이 비닐로부터 전달되는 연직하중을 독립적으로 지지하게 되므로 편심하중에 취약하며, 특히 길이방향 횡력에 대한 저항력이 약해서 바람과 폭설이 동반될 경우 면외좌굴과 편심하중으로 프레임에 2차응력이 발생하여 연쇄 붕괴될 가능성이 매우 높다.

게다가 소형 또는 단동형 비닐하우스는 강관 프레임 또는 기둥의 지지상태도 취약하여 강풍 시 바닥에서 뽑혀지는 피해도 많이 발생하고 있다. 특히, 다설 지역에서는 눈의 무게를 비닐하우스 골조가 지탱하지 못하여 붕괴되는 사고가 빈번하다.

이러한 기존의 비닐하우스에 대한 구조적인 문제점을 해결하기 위해, 현재까지는 강관파이프를 사용한 아치형 수직골조 시스템을 그대로 둔 채로 수평방향으로 타이로드를 보강하거나 내부에 보강 지주나 동바리 등으로 보강하는 방법을 강구해 왔으나¹⁾, 기존 비닐하우스의 구조성능을 크게 개선시키지는 못한 것¹⁾으로 평가된다. 따라서, 본 연구에서는 강풍이나 폭설 시에도 피해를 최소화할 수 있는 새로운 형태의 비닐하우스 구조시스템을 개발, 구조해석 및 분석을 통하여 지역의 특성에 적합하며 극한 상태의 외부환경에서도 과도한 변형이나 파괴가 일어나지 않는 내재해성이 우수한 비닐하우스 골조의 구조시스템을 제안하고자 한다.

2 구조해석

2.1 구조시스템 개요

비닐하우스 단면 형상을 아치형, 경사표준형, 표준형으로 구분하고, 골조 구조시스템으로는 기존형, 다이아그리드형, 허니컴형을 선정하였다. 모든 프레임의 지점은 지중 고정²⁾으로, 프레임과 띠장, 프레임과 프레임의 접합은 강접합으로 가정하였다.

강관파이프의 단면치수는 $\varnothing 34.0 \times 2.3$ 이고, 재질 SPS 400을 사용하였다. 다이아그리드형과 허니컴형의 구별 접합방법은 부재간 조립접합 및 다축연결조인트에

1) 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

2) 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

의한 강접합으로 가정하고, 프레임과 띠장의 접합은 반강접합으로도 가정하여 해석하였다.

표 2. 강관파이프 단면특성

단면치수 (mm)	단면적 (mm ²)	단면계수 (mm ³)	항복강도 (MPa)	인장강도 (MPa)
∅34.0×2.3	229.1	1,700	295	400

2.2 해석 방법

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

(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 3. 지붕면 외압계수(C_{pe})

구분	표준형	아치형
풍상면(L/4)	0.13	0.7
중양부(L/2)	1.0	-1.2
풍하면(L/4)	0.5	-0.5

표 4. 비닐하우스의 규격 (단위:mm)

구분	기존형	다이아그리드형-1	다이아그리드형-2	허니컴형
폭	6,000	6,000	6,000	6,000
길이	20,000	20,000	20,000	20,000
동고	3,000	3,000	3,000	3,000
측고(표준형)	1,200	1,200	1,200	1,200
프레임간격	500	1,111	1,176	1,000
면적(mm ²)	1.2×10 ⁸	1.2×10 ⁸	1.2×10 ⁸	1.2×10 ⁸

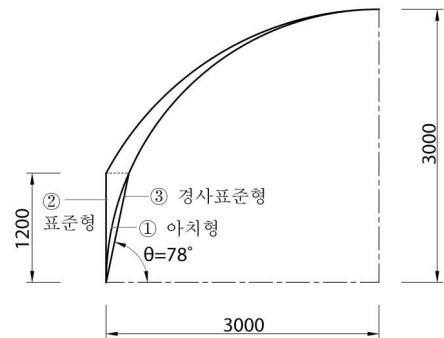


그림 1. 비닐하우스 단면형상별 유형

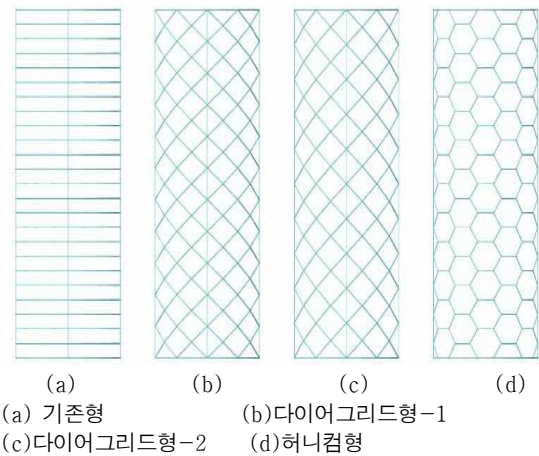


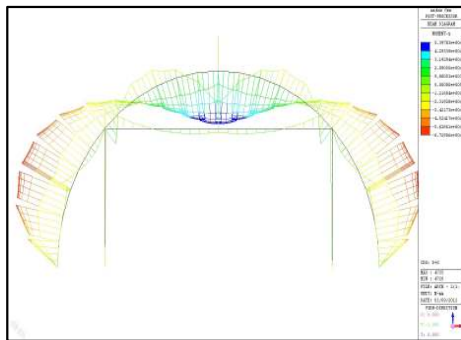
표 2. 비닐하우스 모델의 평면도

3. 해석결과 및 고찰

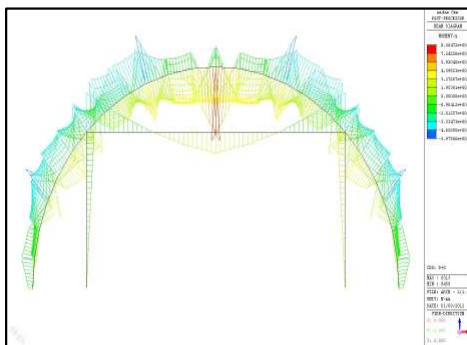
3.1 해석 결과

설하중 작용 시 골조의 휨모멘트 형상은 그림 3과 같이 나타났다. 기존형은 양단 고정 아치의 수직하중에 대한 변형거동과 같은 방향과 형상의 휨모멘트를 보이며, 측면 띠장과 용마루 띠장 접합부에서 휨모멘트가 가장 크게 되고 아치 프레임의 1/3 지점에서 모멘트의 방향이 변화된다. 따라서, 아치형 타입의 경우, 프레임과 띠장의 접합부 부근이나 표준형 타입의 경우, 측기둥 상단에서 휨강성이 가장 커야하지만 기존형태에서는 이러한 보강이 이루어지지 않고 있다.

그러나, 다이아그리드형에서는 기존형과 달리 아치 하단부를 제외하고는 휨모멘트가 고르게 분산된 형태를 보이고 있으며, 부재의 절점 부근에서 휨모멘트가 커지고 띠장이 교차되는 용마루 절점 부위에서 휨모멘트가 최대가 되었다.



(a) 기존형 단면(설하중 작용시)



(b) 다이아그리드형-1 단면(설하중 작용시)

그림 4. 아치형 타입의 휨모멘트 형상

다이아그리드형은 기존형에 비해 상층부 곡률반경이 조금 크고, 용마루 절점에서 두 개의 프레임과 띠장이 교차되므로 용마루 부위의 수직처짐이 최대로

되고 휨모멘트가 급격히 증가되어 최대휨모멘트는 기존형보다 9.7% 크게 나타나지만, 양 측면의 다이아그리드 최대휨모멘트는 기존형보다 30.9% 감소되는 것으로 나타났다.

표 5. 유형별 최대변위량 (단위:mm)

구분	변위	기존형	다이아그리드형-1	다이아그리드형-2	허니컴형
아치형 type	$\delta Z1$	3.79	3.25	3.26	6.37
	$\delta Z2$	14.97	14.10	14.74	24.70
	δx	550.3	327.80	343.90	489.40
	δy	196.3	74.66	74.60	81.21
	wt.(N)	8,199	8,034	7,738	7,467
경사표준형 type	$\delta Z1$	5.21	3.82	3.80	8.49
	$\delta Z2$	35.40	28.76	30.00	56.40
	δx	537.80	432.10	459.70	494.10
	δy	198.70	73.30	73.26	79.70
	wt.(N)	8,305	8,119	7,819	7,530
표준형 type	$\delta Z1$	7.40	4.50	4.43	11.50
	$\delta Z2$	49.41	33.18	34.30	74.98
	δx	591.30	552.00	589.10	597.30
	δy	206.30	76.33	76.30	82.40
	wt.(N)	8,445	8,231	7,924	7,612

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)

따라서 다이아그리드형 구조시스템은 아치형의 경우, 절점의 휨강성 확보와 용마루 부위의 절점 보강이 요구되며, 기존형에 비해 양 측면에서는 휨응력에 대해서 취약한 부분이 없는 것으로 확인된다.

해석결과, 단면형상 및 골조 구조시스템별 최대변위량은 표 5에 나타내었다. 아치형 타입의 경우, 설하중에 의한 수직최대처짐량은 다이아그리드형이 기존형에 비해 3~6%정도 낮게 나타났지만, 자중을 제외한 순수 설하중에 의해서는 기존형과 유사하게 나타났으며, 허니컴형은 기존형에 비해 수직최대처짐량이 65% 정도 더 크게 나타났다. 반면, 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은 다이아그리드형이 327.8, 343.9mm로 기존형에 비해 40.4%, 37.5%나 감소되는 것으로

나타났으며, 풍하중에 의한 길이방향 수평최대변위량은 다이아그리드형이 74.66, 74.60 mm로 기존형의 196.30mm에 비해 62.0%나 감소되는 것으로 나타났다. 허니컴형의 경우는 기존형에 비해 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은 11.1%, 길이방향 수평최대변위량은 58.6% 감소되는 것으로 나타났다.

경사표준형 타입의 경우, 설하중에 의한 수직최대처짐량은 기존형에 비해 다이아그리드형이 18.8%, 15.3% 감소되었지만, 허니컴형의 경우는 오히려 59.3% 증가한 것으로 나타났다. 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은 다이아그리드형이 432.1, 459.7mm로 기존형보다 19.7%, 14.5% 감소되는 것으로 나타났고, 풍하중에 의한 길이방향 수평최대변위량은 다이아그리드형이 73.30, 73.26 mm로 기존형 198.70mm에 비해 63.1%나 감소되는 것으로 나타났다. 허니컴형은 기존형에 비해 폭방향 수평최대변위량은 8.1%, 길이방향 수평최대변위량은 5 9.9% 감소되는 것으로 나타났다. 기존형에서, 경사표준형 타입은 측기둥이 아치에 내접하여 경사지므로 아치형 타입보다 폭방향 최대수평변위량이 다소 작게 나타났으며, 해석 결과, 프레임의 수직강성은 전 구조시스템에서 아치형 타입이 가장 큰 것으로 확인되었다.

표준형 타입의 경우, 다이아그리드형에서는 설하중에 의한 수직최대처짐량은 33.18, 34.30mm으로 기존형의 49.41mm에 비해 32.8%, 30.6% 감소하는 것으로 나타났고, 허니컴형은 51.8% 증가한 것으로 나타났다. 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은 다이아그리드형-1이 기존형보다 6.6% 감소하였고, 다이아그리드형-2는 기존형과 거의 같게 나타났다. 반면, 풍하중에 의한 길이방향 수평최대변위량은 다이아그리드형이 기존형에 비해 63.0%로 경사표준형 타입과 동일한 비율로 감소되는 것으로 나타났다. 허니컴형은 표준형 타입에서 길이방향 수평최대변위량을 제외한 수직최대처짐량 및 폭방향 수평최대변위량 모두 기존형보다 큰 것으로 나타났다.

표 6과 같이, 띠장이 없는 경우, 다이아그리드형-1은 띠장이 있는 경우에 비해 설하중에 의한 수직최대처짐량은 57.2%, 풍하중에 의한 폭 및 길이방향 수평최대변위량은 각각 22.1%, 83.4% 증가하는 것으로 나타났다. 특히 수직최대처짐량은 기존형보다 48% 증가하고, 폭 및 길이방향 최대변위량은 각각 27.3%, 30.2% 감소하므로, 설하중에 대해서는 아치형 타입의 경우, 띠장이 반드시 필요한 것으로 판단된다.. 반면

허니컴형은 띠장이 없는 경우, 12.9%의 강재량 감소에도 불구하고 수직최대처짐량은 1.5%, 폭 및 길이방향 수평최대변위량은 각각 9.2%, 43.0% 증가하여, 허니컴형이 다이아그리드형에 비해 띠장 유무의 영향을 덜 받는 것으로 확인되었다.

표 6. 띠장 유무에 따른 최대변위량-아치형type (단위 :mm)

유형	띠장	δZ1	δZ2	δx	δy	wt. (N)	비율 (%)
기존형	유	3.79	14.97	550.3	196.3	8,199	100
다이아그리드형-1	유	3.25	14.10	327.8	74.7	8,034	98.0
	무	4.38	22.17	400.3	137.0	6,976	85.1
다이아그리드형-2	유	3.26	14.74	343.9	74.6	7,738	94.4
	무	4.48	24.16	426.8	136.0	6,680	81.5
허니컴형	유	6.37	24.70	489.4	81.2	7,467	91.1
	무	5.55	25.06	534.5	116.1	6,409	78.2

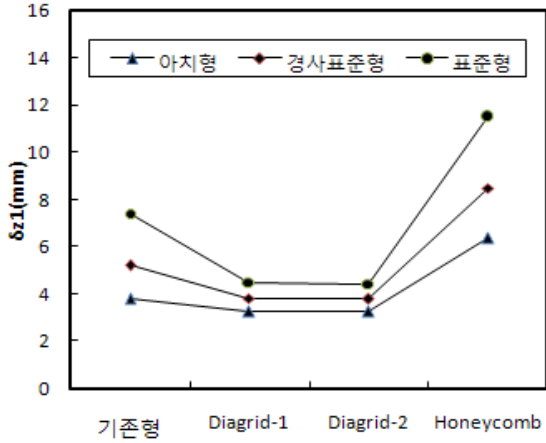
표 7은 프레임과 띠장의 접합부 강성을 다이아그리드형은 반강접으로, 기존형은 힌지에 근사하게 가정하여 해석한 결과로, 기존형에서는, 아치형, 경사표준형 타입 모두 설하중에 의한 수직최대처짐량과 풍하중에 의한 폭방향 수평최대처짐량은 강접합부로 가정한 경우와 거의 차이가 없는 것으로 나타났으나, 길이방향 수평최대변위량은 아치형 타입에서 58.9%, 경사표준형 타입에서 59.2% 크게 나타났다.

표 7. 프레임-띠장의 접합부 강성을 변화시킨 경우 최대변위량 (단위:mm)

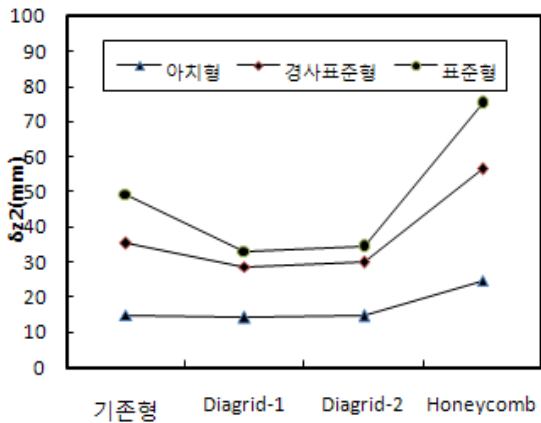
구분	변위	기존형	다이아그리드형-1	다이아그리드형-2	허니컴형
아치형 type	δZ1	3.78	3.25	3.26	6.38
	δZ2	14.95	14.13	14.78	24.74
	δx	555.80	329.90	346.20	492.70
	δy	312.00	79.04	78.91	88.95
경사표준형 type	δZ1	5.21	3.84	3.82	8.50
	δZ2	35.40	28.88	30.14	56.54
	δx	544.80	458.40	462.70	497.20
	δy	316.30	96.14	77.55	84.57

다이아그리드형-1에서도 수직최대처짐량은 접합부 강성에 따른 변화가 거의 없는 것으로 나타났으며, 풍하중에 의한 폭, 길이방향 수평최대처짐량은, 아치형 타입의 경우 강접합으로 가정한 경우보다 0.6%, 5.9% 큰 것으로 나타났다. 반면, 경사표준형 타입의 경우는 6.1%, 31.2% 큰 것으로 나타나므로, 다이아그리드형의

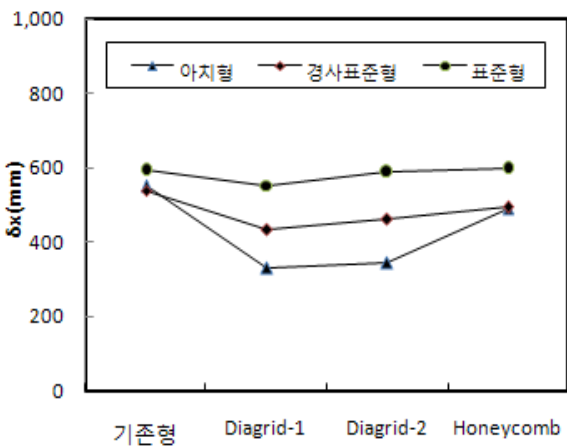
경우, 프레임과 띠장의 접합부 강성 변화에 따른 수평 변위량의 영향은 아치형보다 경사표준형 타입이 더 크게 받는 것으로 확인되었다.



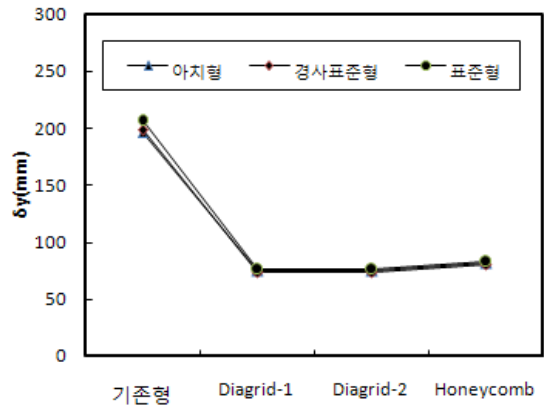
(a) 자중에 의한 수직최대처짐량



(b) 설하중에 의한 수직최대처짐량



(c) 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량

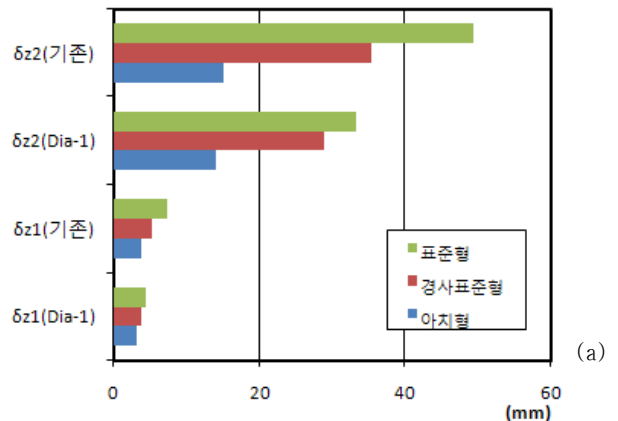


(d) 풍하중에 의한 길이방향 수평최대변위량

그림 4. 유형별 최대변위량

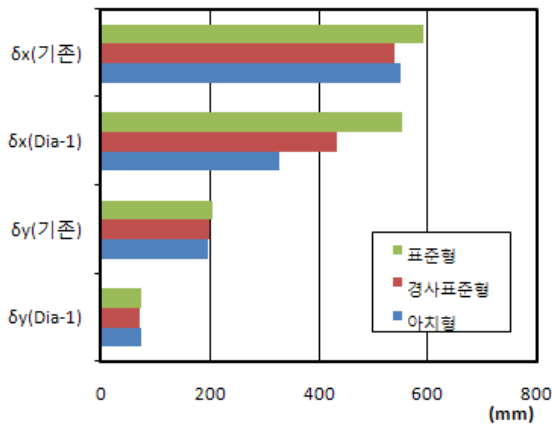
3.2 분석 및 고찰

그림 4에서와 같이, 다이아그리드형의 경우, 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은 아치형, 경사표준형, 표준형 순으로 증가하였고, 표준형 타입에서는 기존형과 거의 같게 나타났으며, 길이방향 수평최대변위량은 세 타입 모두 유사한 값으로 나타났다. 설하중에 의한 수직최대처짐량도 아치형, 경사표준형, 표준형 순으로 증가하였으나 기존형에 비하여 증가율이 낮아져 표준형에서는 약 30% 이상 기존형보다 감소되는 것으로 나타났다. 다이아그리드형의 경우, 아치형 타입에서는 설하중에 의한 수직최대처짐량, 표준형 타입에서는 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은 구조 시스템의 변화에 따른 영향을 거의 받지 않았으며, 길이방향 수평최대변위량은 비닐하우스 단면형상 변화의 영향을 거의 받지 않는 것을 확인할 수 있었다.



(a) 설하중에 의한 수직최대처짐량

기존형에 비해 아주 작은 값을 나타낸다.



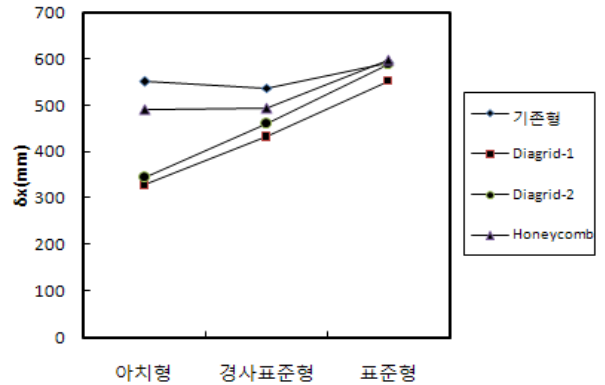
(b) 폭, 길이방향 수평최대변위량

그림 5. 단면형상별 최대변위량 증감

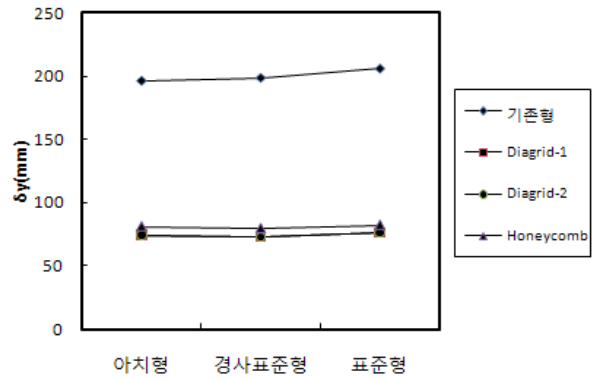
결론적으로, 기존형을 다이아그리드형으로 대체할 경우, 아치형 단면형상에서는 풍하중에 대한 저항력이 크게 증대되고, 표준형 단면형상에서는 설하중과 길이 방향 풍하중에 대한 저항력이 크게 증대되는 효과가 나타나는 것으로 확인되었다. 반면, 허니컴형은 길이 방향 수평최대변위량을 제외한 수직최대처짐량 및 폭 방향 수평최대변위량 모두 비닐하우스 단면형상과는 무관하게 기존형보다 큰 것으로 나타나, 해석결과 기존형을 대체할만한 구조시스템으로는 부적합 것으로 평가된다.

그림 5에서 나타난 바와 같이, 자중 및 설하중에 의한 수직최대처짐량은 아치형, 경사표준형, 표준형 타입 순으로 증가함을 알 수 있으며, 특히 표준형 타입에서 다이아그리드형이 기존형보다 현저하게 작게 나타남을 알 수 있다. 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은, 기존형에서는 단면형상 변화의 영향을 별로 받지 않는 것으로 나타나지만, 다이아그리드형에서는 아치형, 경사표준형, 표준형 순으로 뚜렷한 증가를 보이고 있다. 또한 길이방향 수평최대변위량은 기존형, 다이아그리드형 모두 단면형상 변화의 영향을 거의 받지 않는 것을 보여주고 있다.

그림 6에서와 같이, 풍하중에 의한 폭방향 수평최대변위량은 다이아그리드형의 경우, 아치형 타입에서 가장 작게 나타나고, 경사표준형, 표준형 타입으로 갈수록 증가하여 기존형의 값과 유사하게 된다. 반면 길이방향 수평최대변위량은 다이아그리드형과 허니컴형 모두 비닐하우스 단면형상의 변화와는 무관하게



(a) 폭방향 수평최대변위량



(b) 길이방향 수평최대변위량

그림 6. 구조시스템별 수평변위량 변화

따라서, 아치형 단면에서는 다이아그리드형이 기존형보다 풍하중에 대해서는 매우 우수한 구조시스템인 것을 알 수 있다. 그림 7에서와 같이 설하중에 의한 단면골조의 좌굴거동은 측면 지주를 중심으로 기존형의 경우, 상층부 프레임의 좌굴변형은 단면 및 길이방향 전반에 걸쳐 고르게 나타나고 있으나, 다이아그리드형의 경우, 단면방향으로는 용마루 부근에서 국부좌굴이 나타나고, 길이방향으로도 중앙부에서 길이의 중간정도 크기로 좌굴현상이 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

하중 작용시의 골조 단면의 변형성상은 기존형의 경우, 그림 8과 같이 띠장의 위치에서 용마루 부근까지, 용마루를 지나 우측 상층부에서도 프레임의 좌굴변형이 크게 나타나고 있다. 반면, 다이아그리드형에서는 골조의 변형각은 기존형과 유사하게 보이지만 풍상면에서의 부재의 좌굴현상은 현저하게 줄어드는 것을 확인할 수 있었다.

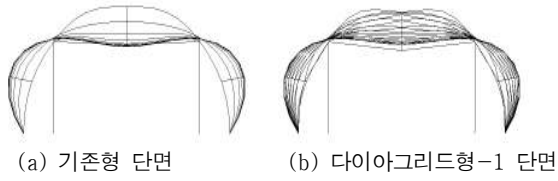


그림 7. 설하중 작용시의 변형형상

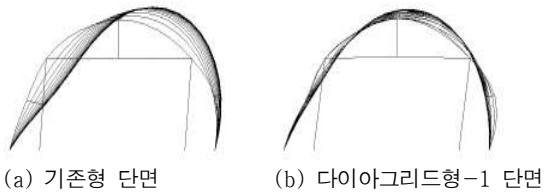
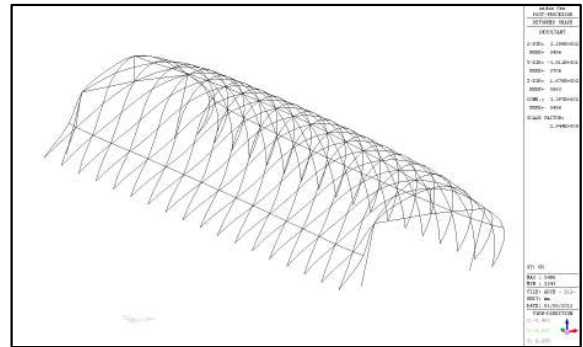
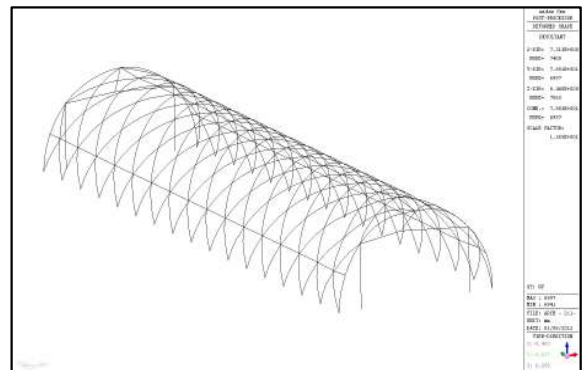


그림 8. 풍하중 작용시의 변형형상

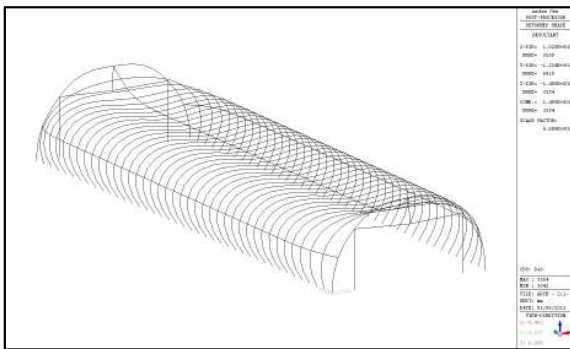
기존형의 경우, 설하중에 의한 좌굴 및 수직편심하중과 풍하중에 의한 2차 응력에 취약하여 붕괴될 가능성이 매우 높으나, 다이아그리드형에서는 수직하중에 의한 처짐이 발생하여도 다이아그리드를 구성하는 구간별 부재의 좌굴은 2차응력의 영향을 거의 받지 않으므로 프레임에 면외좌굴이 발생하지 않고 비닐하우스의 붕괴로까지는 이어지지 않게 된다.



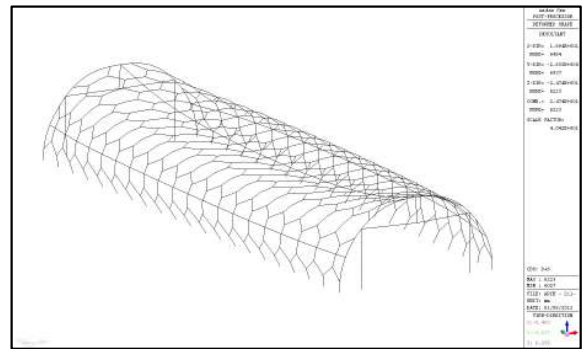
(c) 풍하중 작용시의 폭방향 변형형상(다이아그리드형-1)



(d) 풍하중 작용시의 길이방향 변형형상(다이아그리드형-1)

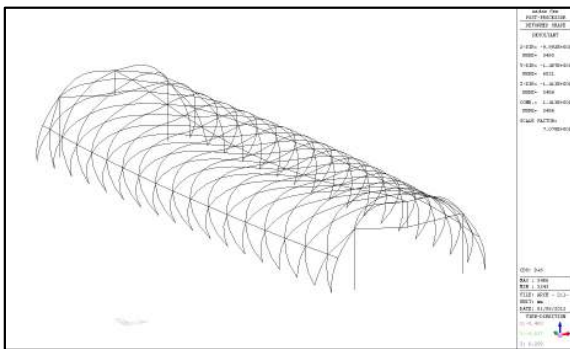


(a) 설하중 작용시의 변형형상(기존형)



(e) 설하중 작용시의 변형형상(허니컴형)

그림 9. 비닐하우스 유형별 변형 형상



(b) 설하중 작용시의 변형형상(다이아그리드형-1)

4. 결론

본 연구에서는 내재해성이 우수한 비닐하우스 강관 파이프 골조 구조시스템 개발을 위하여 유형별 골조 모델을 설계하여 구조해석을 수행하였으며, 그 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 기존형을 다이아그리드형으로 대체할 경우, 아

치형 단면형상에서는 풍하중에 대한 저항력이 크게 증대되고, 표준형 단면형상에서는 설하중과 길이방향 풍하중에 대한 저항력이 크게 증대되는 효과가 나타나는 것으로 확인되었다.

2. 허니컴형은 풍하중에 의한 길이방향 수평최대 변위량을 제외한 모든 변위량이 비닐하우스 단면형상과는 무관하게 기존형 보다 큰 것으로 나타나, 기존형을 대체할 만한 구조시스템으로는 부적합 것으로 평가된다.

3. 다이아그리드형 골조 구조시스템은, 아치형의 경우 휨응력에 대한 용마루 부위의 절점 보강이 요구되나, 기존형과 달리 지붕 상층부 및 띠장 교차부위를 포함한 측면 부재에서의 휨응력에 대해 취약한 부분이 없는 것으로 확인된다.

4 변위 및 응력에 대한 분석 결과, 접합부 강성의 확보를 전제로, 강관파이프 비닐하우스구조에서 다이아그리드형 골조 구조시스템이 폭설 및 강풍 시 붕괴되지 않고 견딜 수 있는 내재해성이 우수한 구조라 평가할 수 있다.

참고문헌

1. 농촌진흥청 농업공학연구소, 농업시설 기상재해 경감 가이드북, 2007. 9
2. 농촌진흥청, 시설원예, 표준영농교본-4, 2005. 10
3. 이석진, 온실의 자재질감 및 안전성 향상을 위한 최적모델 및 설계시스템 개발, 농림부, 2007. 5
4. 양상훈, 남상운, "내설성 향상을 위한 지붕형 조립식 파이프하우스의 개발", 한국농공학회논문집, 제 51권 3호, pp.71-78, 2009. 5
5. 이수현외 3인, "장스팬 비닐하우스의 폭설에 의한 붕괴방지법 연구", 한국강구조학회논문집, 제22권 1호, pp.67-74, 2010. 2
6. 조재용외 2인, "폭설시 비닐하우스의 구조해석에 의한 모델 개발", 한국산학기술학회논문집, 제11권 8호, pp.2727-2733, 20110. 8
7. 박순웅외 3인, "단동온실의 설해 경감을 위한 해석 및 보강방법 연구"한국방재학회논문집, 제 10권 4호, pp.1-7, 2010. 8
8. 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
9. 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
10. 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

11. 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

논문접수일 (2012. 1. 6)

심사완료일 (1차 : 2012. 1. 25, 2차 : 해당 없음)

게재확정일 (2012. 1. 31)