

## 폭설시 비닐하우스의 구조해석에 의한 모델 개발

조재웅<sup>1\*</sup>, 이은종<sup>1</sup>, 남중송<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>공주대학교 기계자동차공학부, <sup>2</sup>새마을하우스

### Model Development by Structural Analysis of Vinyl House at Heavy Snow

Cho, Jae Ung<sup>1\*</sup>, Lee, Eun Jong<sup>1</sup> and Nam, Jung Song<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University,

<sup>2</sup>Saemaoul House

**요약** 본 연구에서는 비닐하우스 기존모델과 이번에 개발한 모델의 모델링 하였으며, 해석은 폭설이 250mm 왔을 때 쌓인 눈의 하중에 의하여 비닐하우스가 어떠한 변형을 하는 지를 구조해석을 통하여 비교하는 것이 주된 목적이다. 기존의 비닐하우스와 개발한 비닐하우스의 구조에 있어서 개발 모델을 적용함으로써 기존 모델보다 비용이 덜 들고 최대 50% 이상의 변형량을 줄일 수 있어 안정성이 좋고, 그 제작비용도 절감할 수 있다.

**Abstract** Existing and developed models of vinyl house are simulated by 3 dimensional and analysis program. When heavy snow lays 250 mm deep, this paper aims to investigate how its load affects the vinyl house and what deformation happens with structural analysis. Its maximum deformation is decreased to more than 50 % by developing this model in comparison with the existing model. Its developed model is more safe than existing model and its manufacturing expense can be reduced.

**Key Words** : Vinyl house, Existing model, Developed model, Maximum displacement

### 1. 서론

비닐하우스는 적은 비용으로 간단하게 설치하여 사용할 수 있어 농가에서 많이 사용되고 있는 농가건축물이지만 해마다 잦은 폭설로 인하여 많은 피해가 발생하고 있다. 정부의 표준비닐하우스는 약 19cm의 적설량에 적합하도록 설계되었지만 지난 2001년 2월 15일 전국적으로 내린 폭설은 25cm의 적설량을 기록했다. 이러한 폭설로 인하여 비닐하우스의 경우에는 약 901.93ha피해가 발생하였으며, 농가 피해 중 대부분을 차지하였다.[1-3]

이번에 개발된 비닐하우스는 농업인들이 쉽게 비닐하우스를 설치할 수 있도록 파이프를 곡선처리하지 않았고 직선처리 하였다. 또한 파이프를 커팅하여 조립만하면 설치가 가능하도록 만들었고, 파이프와 Shove가 간단하게

조립되도록 제작하였다. 따라서 파이프를 조립하고 일으켜 세워 반복하면 개발된 비닐하우스의 설치를 누구라도 원활하게 할 수 있고, 그 제작비용도 절감할 수 있는 특징이 있다. 또한 기존의 파이프는 벤딩에 의한 파이프이므로 눈에 의한 처짐으로 파손이 일어나 재활용이 안되는 문제점이 있었다. 이러한 점을 해결하고자 일자형 파이프와 저가의 플라스틱재료의 Shove를 조립하여 폭설로 인한 파이프 파손을 방지 할 수 있다.

본 연구에서는 비닐하우스의 기존모델과 이번에 개발한 모델을 모델링하였으며, 해석은 폭설이 250 mm 왔을 때 쌓인 눈의 하중에 의하여 비닐하우스가 어떤 영향을 받아 변형이 일어나는지를 구조해석을 통하여 비교하는 것이 주된 목적이다.[4-8] 모델링 작업은 CATIA에서 하였으며 유한요소해석은 ANSYS에서 수행하였다.

본 연구는 한국 생산기술 연구원 아이디어 상업화 사업에 선정되어 지원으로 수행되었음.

\*교신저자 : 조재웅(jucho@kongju.ac.kr)

접수일 10년 03월 19일

수정일 (1차 10년 06월 23일, 2차 10년 07월 06일)

게재확정일 10년 08월 10일

## 2. 모델 및 조건

### 2.1 연구 모델

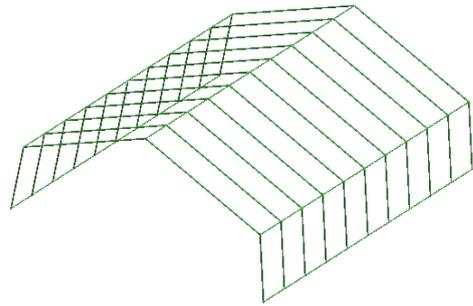
본 연구의 모델은 기존 비닐하우스의 모델 2가지와 새로 개발 중인 비닐하우스의 모델 4가지를 택하였다.[9] 그림 1과 그림 2는 기존의 비닐하우스와 이번 연구 비닐하우스의 조립사진이고, 그림 3은 본 연구의 비닐하우스의 3차원 모델을 나타낸 그림으로서 비닐하우스는 파이프와 3가지의 Shove로 구성되어 있다. 모델의 스펠간 거리는 800mm로 11개의 스펠으로 구성되어 있으며 길이가 8m이다. 그림 4는 본 연구에서 파이프를 연결하는 부품인 Shove의 사진이다. 표 1은 각각의 비닐하우스의 사양을 나타낸 표이다. 비닐하우스의 종류는 파이프의 지름과 두께에 따라 4개의 종류가 있고 기존 모델 2개까지 총 6개의 모델이 된다. 유한요소모델의 메시는 그림 5와 같이 hexa 메쉬를 하였고, 절점 및 요소수는 표 2와 같다. 또한 재료의 물성치는 표 3과 같다.



[그림 1] 기존 비닐하우스



[그림 2] 개발 비닐하우스



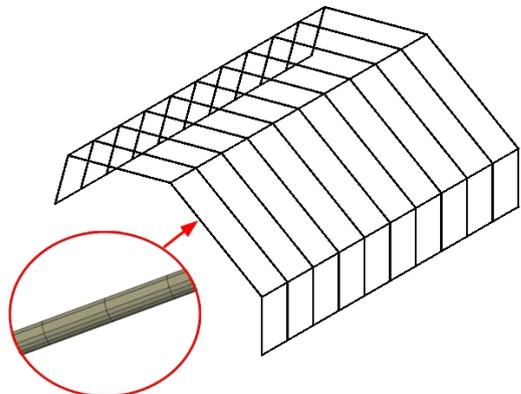
[그림 3] 비닐하우스의 3차원 모델



[그림 4] Shove 모델

[표 1] 비닐하우스의 종류

모델 타입	파이프 지름	파이프 두께
기존모델 A	25.4mm	1.5t
기존모델 B	31.8mm	1.5t
개발 모델 A	25.4mm	1.5t
개발 모델 B	31.8mm	1.5t
개발 모델 C	27.2mm	2.8t
개발 모델 D	27.2mm	2.8t



[그림 5] 모델의 메시

[표 2] 각 모델에서의 절점 및 요소수

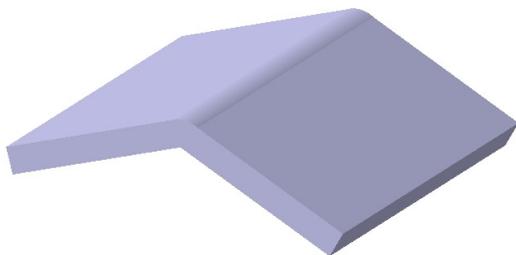
	절점수	요소수
기존모델 A	24684	3432
기존모델 B	16456	2288
개발 모델 A	126674	229309
개발 모델 B	100089	260717
개발 모델 C	98013	251795
개발 모델 D	106465	282380

[표 3] 재료의 물성치

	Shove	파이프
탄성계수	1100 MPa	193000 MPa
포아송비	0.42	0.31
항복인장강도	25 MPa	207 MPa
항복압축강도	0 MPa	207 MPa
극한 강도	33 MPa	586 MPa
밀도	950 Kg/m <sup>3</sup>	7750 Kg/m <sup>3</sup>

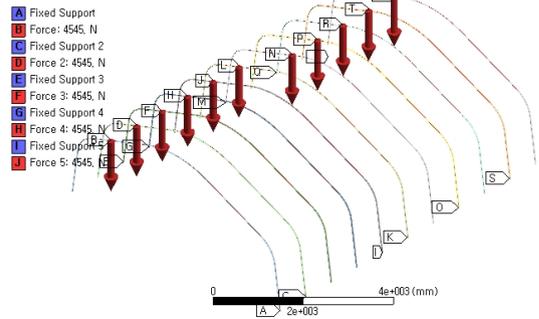
### 2.2 경계 조건

그림 6은 쌓인 눈의 하중을 구하기 위한 눈의 모델로서 그 밀도값은 1m<sup>3</sup>당 300Kg으로 설정했고, 적설량은 250mm로 하였을 때 눈의 하중은 50000N으로 하중을 주었다. 그림 7과 같이 기존의 모델은 벤딩된 파이프 11개의 지붕부분에서 각 4545.45N의 하중조건을 주었으며 파이프 끝부분을 고정시켰다. 또한 그림 8과 같이 개발된 모델의 경우에는 지붕중심 부분의 파이프에서 하중을 6000N을 주었으며 22개의 지붕을 지지하는 파이프들에 각각 2000N의 하중을 주었다. 따라서 기존 모델의 경우와 똑같이 50000N의 하중을 가하였고 밑바닥의 파이프는 고정시켰다.



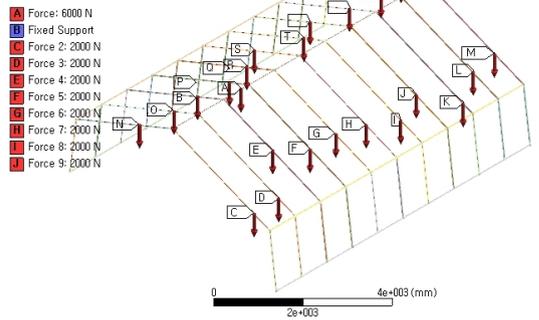
[그림 6] 눈의 모델

D: Copy of Static Structural (ANSYS)  
Static Structural  
Time: 1. s  
Items: 10 of 22 indicated



[그림 7] 경계조건

B: Copy of Static Structural (ANSYS)  
Static Structural  
Time: 1. s  
Items: 10 of 24 indicated



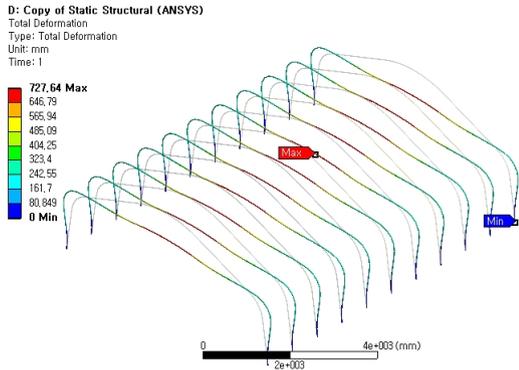
[그림 8] 경계조건

### 3. 해석 결과

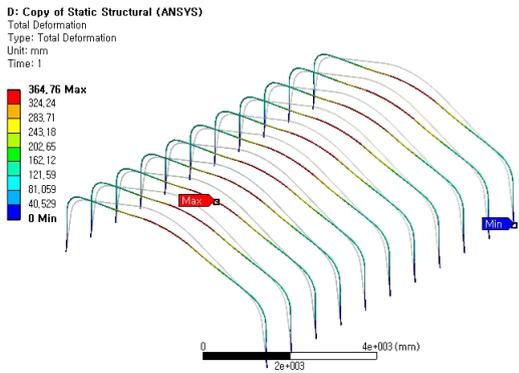
그림 9와 그림 10은 비닐하우스의 각 타입별 변형에 대한 해석결과들이다. 그림 9는 기존모델들인 A 타입과 B 타입이고 그림 10은 개발 모델들인 A, B, C 및 D타입이다. 모델들 모두, 비닐하우스의 지붕부분에서 최대 변형이 나타났으며 이 모델들의 최대 전변형량의 값들은 표 4와 같다. 기존 모델 A가 727.64mm 나왔으며, 기존 모델 B가 364.76mm 나왔으며, 개발 모델 A가 346.06mm, 개발 모델 B가 357.28mm, C가 374.35mm, D가 356.26mm로 나타났다. 개발 모델을 적용함으로써 기존 모델의 경우보다 최대 50% 이상의 변형량을 줄일 수 있어 안정성이 좋을 수 있었다.

또한 기존모델 A는 B보다 폭설에 취약해서 눈이 잘 내리지 않는 경상도 지방에 많이 쓰는 모델이었다. 따라서 전국적으로 눈이 많이 내릴 시에, 개발모델의 경우 구조상에 처짐이 최적인 구조로서 변형이 적은 기존모델 B

에 접근하여 안정성을 찾도록 하였다. 그리고 원가절감차  
원에서도 개발모델들이 기존모델 보다 더 향상되었다.

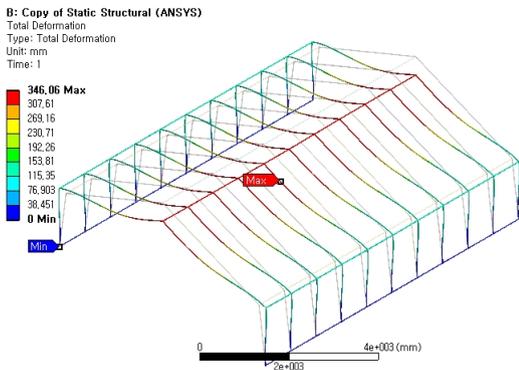


(a) 기존 모델 A

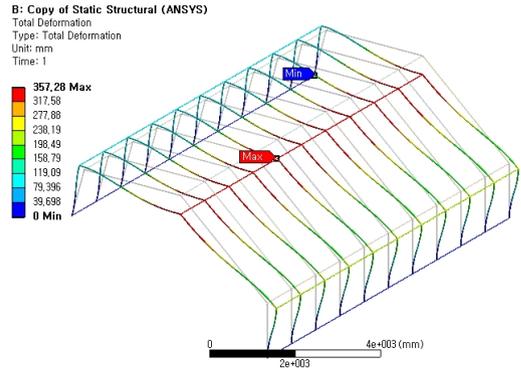


(b) 기존 모델 B

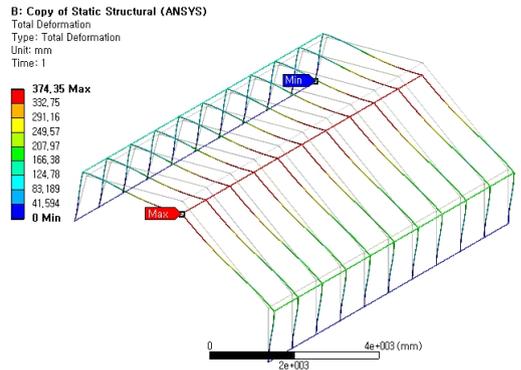
[그림 9] 기존 모델 A와 B 타입에서의 전변형량의 등고선 그림들



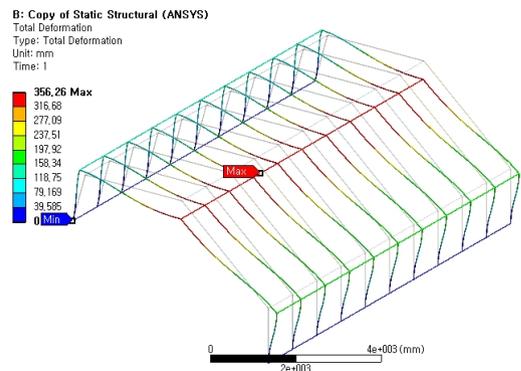
(a) 개발 모델 A



(b) 개발 모델 B



(c) 개발 모델 C



(d) 개발 모델 D

[그림 10] 개발 모델 A, B, C 와 D타입에서의 전변형량의 등고선 그림들

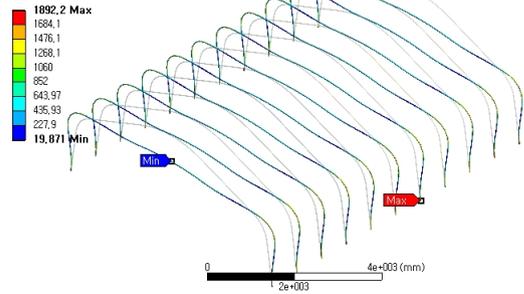
[표 4] 기존 모델 및 개발 모델에서의 최대 전변형량 데이터

모델 타입	최대 전변형량
기존모델 A	727.64mm
기존모델 B	364.76mm
개발 모델 A	346.06mm
개발 모델 B	357.28mm
개발 모델 C	374.35mm
개발 모델 D	356.26mm

그림 11과 그림 12는 비닐하우스의 각 타입별 등가응력에 대한 해석결과들이다. 그림 11은 기존모델들인 A 타입과 B타입이고 그림 12는 개발 모델들인 A, B, C 및 D타입들이다. 기존모델인 A타입과 B타입 및 개발모델인 A타입의 최대응력은 비닐하우스 밑부분 끝에서 나타났다. 또한 개발모델인 B, C, D 타입은 기둥파이프와 지붕 파이프가 체결된 부분의 Shove부분에서 최대응력이 나타났다. 최대 응력이 항복 강도보다 높은 이유는 이음매 부분에서의 특이점에 대한 응력집중현상이 나타난다. 그러나 이음매 부분에서는 다른 부재가 연속으로 받쳐 주므로 파손은 방지되는 것으로 사료된다. 이 모델들에 대한 최대 등가 응력의 값들은 표 5와 같다. 기존 모델 A가 1892.2 MPa로 나타났으며, 기존 모델 B가 1177.8 MPa가 나왔고, 개발모델 A가 3272.1 MPa, 개발 모델 B가 1489.4 MPa, C가 1314.7 MPa, D가 1251.3 MPa로 나타났다. 개발모델 A를 제외하고는 최대 등가응력이 30% 정도로만 높아졌다. 최대 응력이 작용한 부위는 플라스틱 연결핀 Shove부분으로 이 부분은 소모품 부분이다.

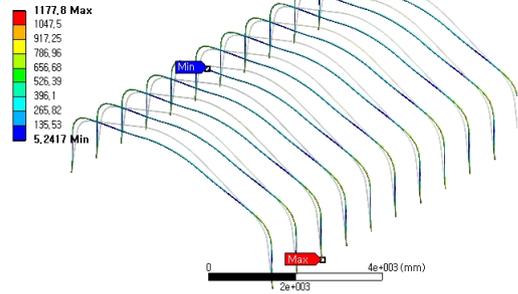
파이프는 철로 되어 있어서 기존 모델이든 개발모델이든 파손은 같이 일어날 수 있다. 그러나 기존 모델은 철로만 되어 있고 개발 모델은 이음매 부분인 연결핀은 플라스틱으로 되어 있고, 파이프 부분은 철로 되어 있다. 결국 개발 모델의 경우는 먼저 이음매 부분의 플라스틱 부분에서 먼저 파손이 일어나고 철로 된 파이프에서는 응력이 철로 된 기존 모델의 경우보다 그 응력이 더 적게 작용하여 굽힘이 적어져 파이프 자체를 더 보존할 수 있었다. 따라서 눈이 많이 내리는 계절에 있어 파이프로 된 플라스틱 이음매인 연결핀 부분만 손쉽게 교체하여서 다시 비닐 하우스를 보존할 수 있다. 그리고 원가 절감 면에서도 파이프 사이에 Shove라는 플라스틱 연결핀이 들어가서 철로 된 파이프를 보호할 수 있기에 이 연결핀 부분에서 응력이 최대로 작용되었다. 따라서 개발 모델이 기존 모델보다 더 향상된 개발품으로 사료된다.

D: Copy of Static Structural (ANSYS)  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1



(a) 기존 모델 A

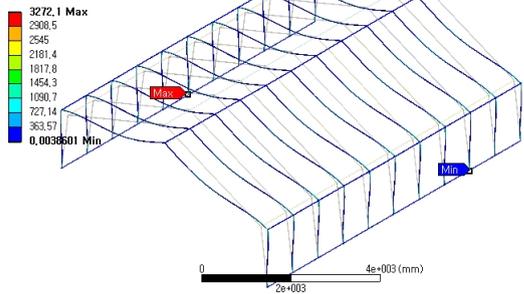
D: Copy of Static Structural (ANSYS)  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1



(b) 기존 모델 B

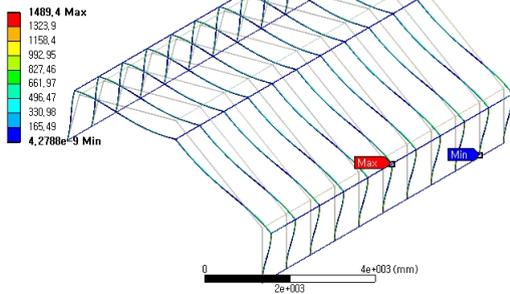
[그림 11] 기존 모델 A와 B 타입에서의 등가 응력의 등고선 그림들

B: Copy of Static Structural (ANSYS)  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1



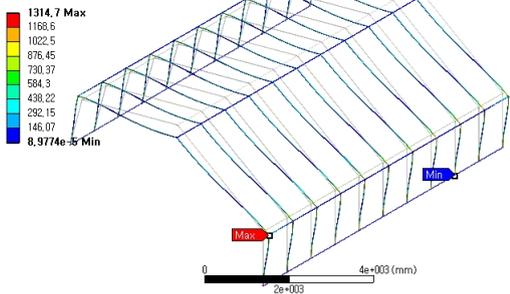
(a) 개발 모델 A

B: Copy of Static Structural (ANSYS)  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1



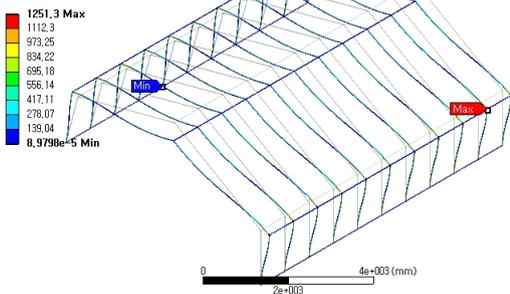
(b) 개발 모델 B

B: Copy of Static Structural (ANSYS)  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1



(c) 개발 모델 C

B: Copy of Static Structural (ANSYS)  
Equivalent Stress  
Type: Equivalent (von-Mises) Stress  
Unit: MPa  
Time: 1



(d) 개발 모델 D

[그림 12] 개발 모델 A, B, C 와 D타입에서의 등가 응력의 등고선 그림들

[표 5] 기존 모델 및 개발 모델에서의 최대 등가 응력 데이터

모델타입	최대등가응력
기존모델 A	1892.2 MPa
기존모델 B	1177.8 MPa
개발 모델 A	3272.1 MPa
개발 모델 B	1489.4 MPa
개발 모델 C	1314.7 MPa
개발 모델 D	1251.3 MPa

## 4. 결론

본 연구에서는 기존 비닐하우스와 개발 비닐하우스가 기상악화로 인한 폭설 미치는 영향에 대하여 구조 해석을 수행하였다. 이러한 해석결과들을 도출하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 기존모델 A타입과 B타입, 개발 모델 A타입에서 D타입 모두 비닐하우스 지붕부분에서 최대 변형이 나타났으며, 개발 모델을 적용함으로써 기존 모델의 경우보다 최대 50% 이상의 변형량을 줄일 수 있었다.
2. 기존 모델인 A타입과 B타입 및 개발모델인 A타입의 최대응력은 비닐하우스 밑부분 끝에서 나타났고, 개발모델 B, C, D타입은 기둥파이프와 지붕파이프가 체결된 부분의 Shove부분에서 최대응력이 나타났으며, 개발모델 A를 제외하고는 최대 등가응력이 30% 정도로만 높아졌다.
3. 이 같은 결과를 종합해 볼 때 기존의 비닐하우스와 개발한 비닐하우스의 구조에 있어서 눈에 대한 변형량은 더 변형이 적어 안정성이 좋고, 제작비가 절감된다는 결과가 나왔다.

## 참고문헌

- [1] 이태훈, 이동근, 안상경, “폭설에 대비한 비닐하우스의 보수 및 보강,” 대한건축학회 학술발표대회 논문집-구조계, 제 21권, 제 1호, pp. 119-122, 2001.
- [2] 김진영, “비닐하우스 폭설피해 실태와 대응 방안,” 원예과학기술지, 제 19권, 제 4호, pp. 629 - 635, 2001.
- [3] 김현환, 김진영, 이시영, “비닐하우스 폭설·강풍 피해양상과 안전구조대책,” 시설원예연구, 제 13권, 제 2호, pp. 24 - 36, 2000.

- [4] 백선영, 조슬기, 유기표, 김영문, “비닐하우스의 풍압계수 분포에 관한 연구,” 대한건축학회 논문집 - 구조계, 제 25권, 제 8호, pp. 87 - 94, 2009.
- [5] 이석진, 이종원, 이현우, “설해 경감을 위한 단동비닐하우스 개발,” 한국생물환경조절학회 추계 국제학술발표논문집, 제14권, 별 2호, pp. 138 - 144, 2005.
- [6] 염성현, 김철수, 최영돈, “ANSY와 CFX를 이용한 방풍벽의 구조 안전성 분석,” 생물환경조절학회지, 제 15권, 제 2호, pp. 138 - 148, 2006.
- [7] 김진봉, “승용차 배기계 벨로우즈의 구조해석에 관한 연구,” 한국산학기술학회논문지, 제 11권, 제 4호, pp. 1192-1196, 2010.
- [8] 조재웅, “복합재로 된 판재에서의 동적 파괴 해석,” 한국산학기술학회논문지, 제 7권, 제 3호, pp. 265-270, 2006.
- [9] 염성현, 김철수, 최영돈, “국내 보급 단동비닐하우스의 구조안전성 분석,” 한국생물환경조절학회 추계 학술대회 발표논문집, 제 15권, 별 2호, pp. 304-311, 2006.

**조 재 웅(Jae-Ung Cho)**

[정회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과(공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과(공학석사)
- 1986년 8월 : 인하대학교 기계공학과(공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>

기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석

**이 은 종(Eun-Jong Lee)**

[정회원]



- 1985년 8월 : 서울산업대학교 기계공학과 졸업(공학사)
- 1988년 2월 : 단국대학교 대학원 기계공학과(공학석사)
- 2001년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계공학과(공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>

정밀가공, CAD/CAM

**남 중 송(Jung-Song Nam)**

[정회원]



- 2010년 2월 ~ 현재 : (주) 새마을하우스 감사
- 2008년 10월 ~ 현재 : 일광테크 기술고문

<관심분야>

프레스 금형, 생산