

# 비닐하우스의 형태와 배치에 따른 지붕면 피크외압계수 특성분석

## Analysis of the Characteristics of Peak External Pressure Coefficient Working on Roof Surface according to the Shape and Layout of Green Houses

유 기 표\*  
You, Ki-Pyo

백 선 영\*\*  
Paek, Sun-Young

김 영 문\*\*\*  
Kim, Young-Moom

### 요 약

국내 전체 시설원예에서 파이프 골조로 시공된 비닐하우스가 99.2%이며 구조적으로 취약한 단동형 유리온실이 대부분이다. 이에 현재 국내에서 사용하고 있는 단동형, 연동형, 단동형 3개로 구성된 배치형 비닐하우스의 지붕면에 대한 피크외압계수에 대해서 알아보 고자 한다. 실험결과 단동형이 연동형보다 30%정도 큰 피크외압계수로 분포하고 있었다. 배치형 비닐하우스의 지붕면 피크외압계수 도 3개동 모두에서 단동형보다 크게 20-30%정도 크게 분포하고 있었다.

### Abstract

Among the protected horticulture facilities in Korea, 99.2% are pipe-framed green houses and most of them are structurally vulnerable single-span type green houses. This study examined peak external pressure coefficient for the roof surface of a green house group composed of single-span and a multiple-span green houses. According to the results of the experiment, the distribution of peak external pressure coefficient was around 30% higher in the single-span greenhouse than in the multi-span ones. The external pressure coefficient for the roof surface of the vinyl house group was, in all of the three vinyl houses, was around 20%-30% higher than that for single-span greenhouses

키워드 : 비닐하우스, 단동형, 연동형, 배치형, 피크외압계수

Keywords : Green house, single-span type, multi-span type, layout type, peak pressure coefficients

## 1. 서론

국내 시설원예의 전체면적에서 아연도 강관의 파이프 골조로 시공된 비닐하우스가 99.2%이며 구조적으로 취약한 단동형 비닐하우스가 대부분이다. 이러한 구조적 안

전문제를 해결하기 위한 농림수산식품부 등에서는 1980년부터 보급된 아치형 표준화 비닐하우스부터 매년 자연 재해 발생이후 개량된 새로운 비닐하우스들이 보급되고 있는 상태이다. 그리고 학계에서도 이러한 자연재해 예방을 위한 다양한 연구들이 이루어지고 있다. 1993년 이석건<sup>1)</sup> 등은 비닐하우스의 구조설계를 위한 풍력계수 산정과 측벽의 기울기 따른 풍하중효과를 구조해석프로그램과 비닐하우스의 실험결과와 비교하여 새로운 기초자료를 제공하였다. 1994년 최홍림<sup>2)</sup> 등은 단동 아치형 비닐하우스를 대상으로 k-ε난류모델 적용에 의한 풍력계수

\* 정회원 · 전북대학교 건축공학과 조교수, 공학박사  
Tel: 063-270-4057 Fax:063-270-2285

E-mail : youkp@chonbuk.ac.kr

\*\* 학생회원 · 전북대학교 건축공학과 석사과정

\*\*\* 정회원 · 전북대학교 건축공학과 교수, 공학박사

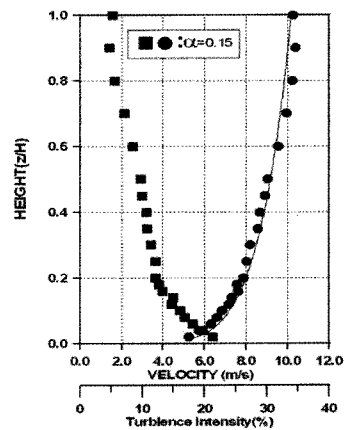
분포 결정에 대해서 연구를 하였다. 해외에서는 다양한 형태(편지봉등)에 대한 풍하중 평가실험을 실시하여 풍하중산정에 많이 사용하고 있고 있다<sup>4)5)6)7)8)9)</sup>. 최근 2008년도에 농림수산식품부<sup>3)</sup>에서는 지역별 설계풍속을 새롭게 정의하고 내재해 기준(단동형 18종류, 연동형 5종류)을 만들어 보급을 하고 있지만 형태별 풍압계수의 경우 내용들은 포함되어 있지 않은 상태이다. 그리고 계속적으로 개량된 비닐하우스의 경우도 폭설과 태풍에 의한 피해가 가장 크게 나타나고 있으며 매년 발생하는 농가 시설물의 피해 중에서 비닐하우스가 전체 피해의 90% 이상을 차지하고 있는 데에 대한 평가가 시급한 문제로 대두되었다. 그러나 실제 현장에서는 비닐하우스가 단동으로 건설되지 않고 여러동이 동시에 건설되고 있는 실정이며 단동형과 연동형과의 풍하중에 대한 상호비교가 되어 있지 않은 상태이다. 이에 본 논문은 농림수산식품부에서 제안하고 있는 단동형 비닐하우스가 단동배치 될 때와 3개동이 연립배치되어 있을 때 상호간에 어떠한 영향을 주게 되는지 연구해 보고자 한다. 또한 연동형과 단동형의 차이에 대해서도 분석을 하고자 한다.

## 2. 풍동실험

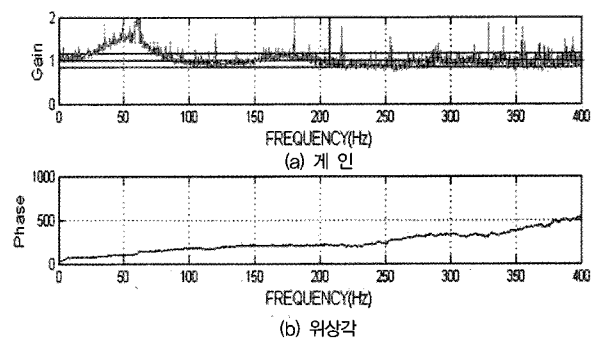
본 풍동실험은 전북대학교의 경계층 풍동에서 실시되었고, 풍동의 측정부의 제원은 실험부 길이 12m, 폭 1.5m, 높이 1.2m로 가변 풍속의 범위는 0.5~20m/s이다.

국내의 풍하중기준에서 제시하고 있는 교외지역의 지수계수(지표면 조도 C)를 사용하였다. <그림 1>는 풍동 내 기류상태에 따른 평균풍속과 난류강도의 수직분포를 나타내고 있다. 풍동실험 풍향각은 30℃ 썩 12개 방향에서 실험을 실시하였다. 풍압실험은 모형의 특정 위치에서의 풍압력을 알아보기 위해서 튜브를 이용한 변동풍압력을 측정하게 된다. 그러나 튜브의 길이가 길어지면 튜브 내 공기의 공명현상의 영향으로 풍압력에 영향을 줄 수 있다. 이러한 공명현상을 제거하기 위한 방법으로 수치해석적인 방법과 튜브관에 저항관을 설치하는 물리적인 방법이 사용되고 있다.

본 논문에서는 길이 120cm의 튜브를 사용하였으며 튜브의 특정위치에 저항관(restrictor)을 이용하여 풍압력 신호를 보정하였다. <그림 2>는 실험에 사용된 튜브에 대한 계인과 위상각에 대한 압력전달특성에 대한 보정효과를 나타내고 있다. 계인에서 파랑색 신호는 튜브에서 발생하는 저항관이 설치되기 전의 공진형상을 나타내고 있으며, 저항관 설치후 보정된 신호는 빨간색 신호를 나타내고 있다.



<그림 1> 평균풍속과 난류강도의 수직분포( $\alpha=0.15$ )



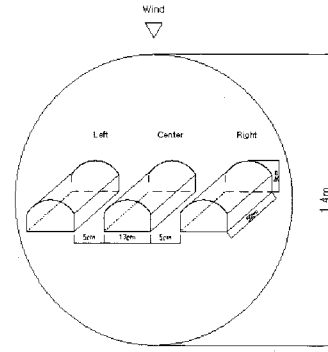
<그림 2> 실험에 사용된 튜브의 압력전달특성

## 3. 실험모형

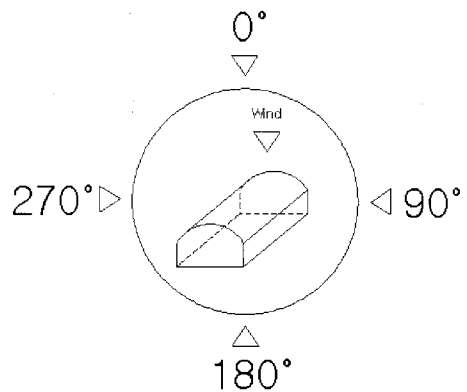
본 논문에서 표준 단동형 비닐하우스는 2008년 농림수산식품부에서 제안을 하고 있는 원예특작시설에 대한 내재해형 규격인 07-단동-1을 대상으로 하였다. 그리고 연동형 비닐하우스는 단동형 3개가 연결된 내재해형 규격인 07-연동(민)-1을 대상으로 하였다. 그리고 단동형 비닐하우스의 동간 배치별 비닐하우스의 풍압계수 변화 특징을 알아보기 위하여 농촌진흥청의『지역별 내재해

설계기준』에서 제안하고 있는 폭설피해 경감대책에 따라 단동형 하우스의 설치 시 동간 간격을 1m 이상 유지하라는 기준과 실제현장에서 사용하고 있는 1.5m, 2m 중에서 본 논문은 비닐하우스의 동간 간격을 1.5m로 설정하여 3개동에 대한 배치별 모형을 만들었다.

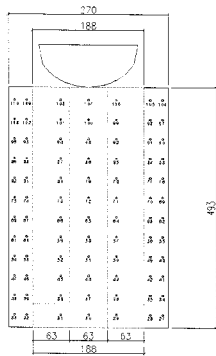
일반적으로 비닐하우스의 내부는 서까래와 가로대로 구성되어 있으며, 이들을 중심으로 측압공을 설치하였다. 비닐하우스의 지붕면을 중심으로 풍압계수의 변화에 대해서 알아보았다. <그림 3>은 단동과 연동형 비닐하우스 실험모형에 대한 규격과 탭의 영역을 나타내고 있다. 단동 모형이 3개씩 배치되었을 때 배치별 풍압계수변화를 알아보기 위해 단동형과 동일한 규격의 모형을 사용하였다. 3개동 비닐하우스의 배치 및 구분은 <그림 4>에 나타나 있다. <그림 5>는 실험모형에 대한 실험 풍향각을 나타내고 있다. <사진1>은 각모형별 풍동실험전경을 나타내고 있고 있다. <표1>은 실험에 사용된 상사법칙을 나타내고 있다. 그러나 구형인 비닐하우스의 경우는 구면형태에 따른 박리점 위치에 변화로 풍압계수가 변화 있지만 본 논문은 형태와 배치에 따른 상호경향성 보기 위하여 박리점 위치는 고려하지 않았습니다.



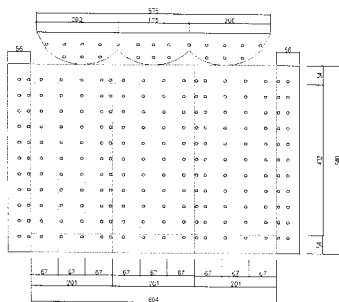
<그림 4> 단동형 비닐하우스의 배치별 구분과 크기



<그림 5> 실험모형에 대한 풍향각

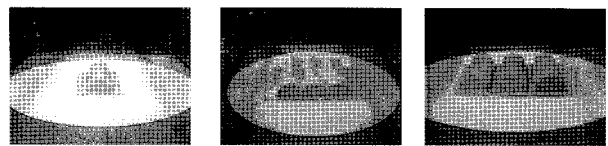


(a) 단동형



(b) 연동형

<그림 3> 비닐하우스의 종류별 규격과 영역구분



(a) 단동형 (b) 연동형 (c) 배치별

<사진 1> 풍동장치내에 설치된 모형

<표 1> 풍동실험에 사용된 상사법칙

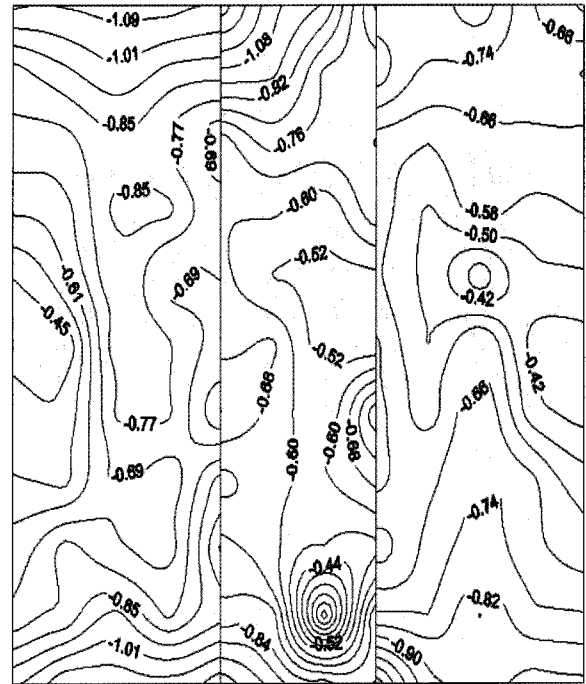
풍속스케일	1/5.8	설계풍속	풍동풍속
		35m/sec	6m/sec
모형스케일	1/30		
시간스케일	1/5.17		
Sampling Frequency	100Hz(0.01sec)		
실험풍향	30° 간격		
지표면 구분	난류경계층)(a=0.15)		

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1. 영역별 피크 풍압계수특성

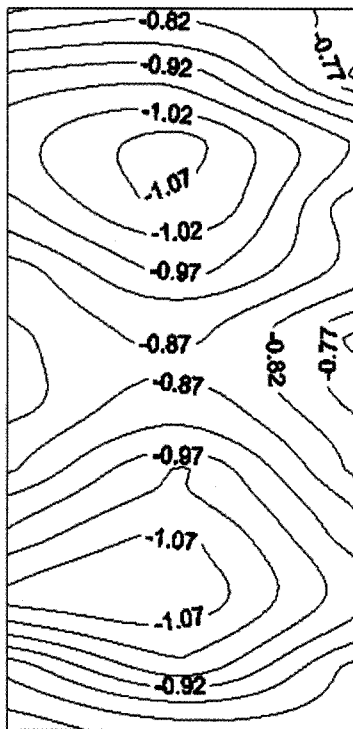
〈그림 6〉은 단동형과 연동형에 대한 영역별 전체피크 풍압계수분포를 나타내고 있다. 전체적으로 단동형보다는 연동형이 피크풍압계수가 적게 나타나고 있었다. 특히 단동형의 지붕면 중앙에서 큰 피크외압계수가 연동형에서는 최대 30%이상 감소하고 있는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 연동형에서 출입문 모서리에서 발생하는 피크외압계수는 단동형보다 20%정도 증가를 하고 있어 오히려 연동형의 일부구간별 피크외압계수 평가가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 〈그림 7〉은 3개동 배치에 따른 전체 피크 풍압계수 분포를 나타내고 있다.

단동형과 집단형태(단동형 3개) 비닐하우스의 경우 풍압계수 분포가 단동형에 비해 좌우동의 중앙에서 최대 2배 이상 피크외압계수가 크게 나타나고 있었다. 그리고 중앙(Center)에 위치한 비닐하우스 경우는 좌우에 배치된 비닐하우스에서 30%정도 적은 피크 외압계수가 나타나고 있어 배치에 따른 인접거리 효과에 대한 평가가 필요하다고 판단된다.

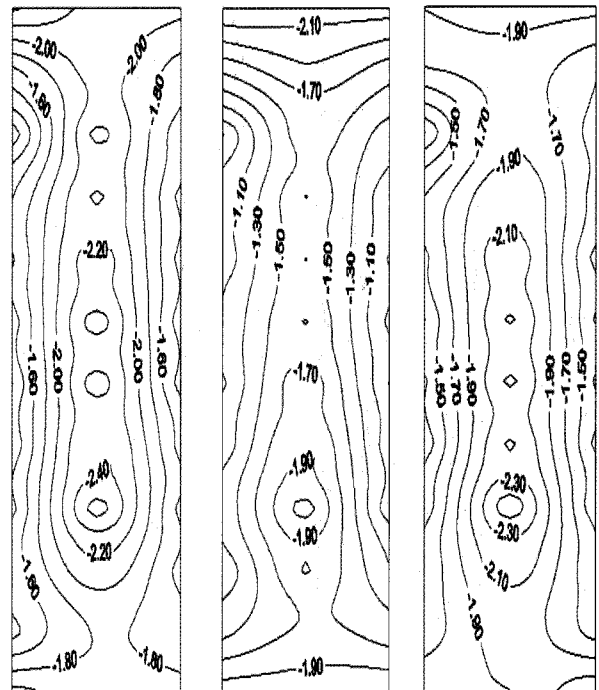


(a) 풍동장치내에 설치된 모형

〈그림 6〉 단동형과 연동형에 대한 지붕면 전체피크 풍압계수 분포



(a) 풍동장치내에 설치된 모형



(a) 단동형 (b) 연동형 (c) 배치별

〈그림 7〉 3개동 배치에 따른 지붕면의 전체 피크 풍압계수 분포

#### 4.2. 풍향각 변화에 따른 피크외압계수의 변화

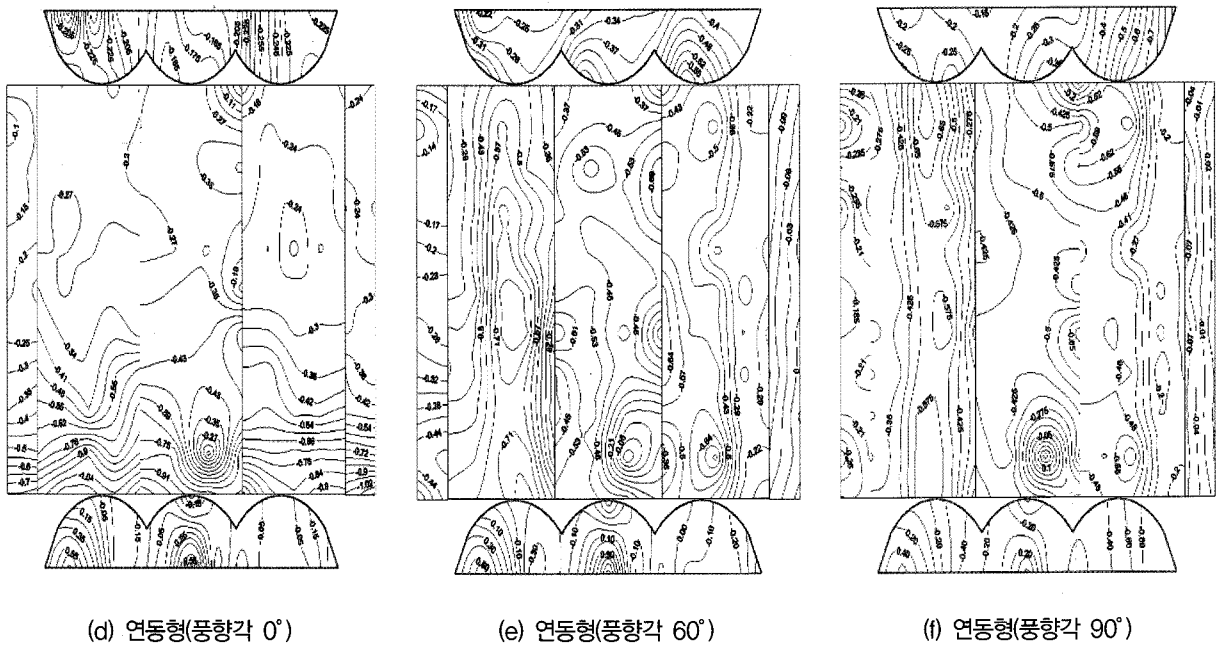
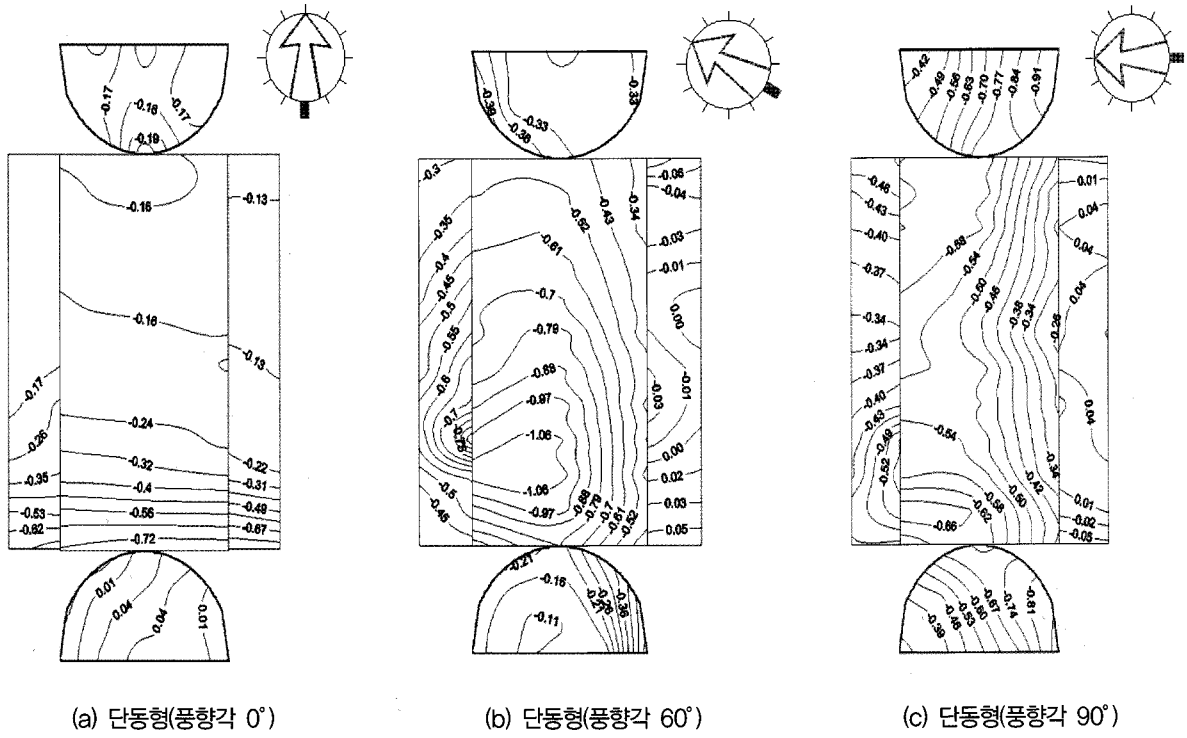
풍향각 변화에 따른 단동형과 연동형 비닐하우스의 지붕에서 계측된 피크외압계수 변화를 알아보았다. <그림 8>은 풍향각 0°, 60° 때의 단동형과 연동형의 피크외압계수의 분포를 나타내고 있다. 비닐하우스의 출입문을 풍향각 0° 하여 실험을 실시하였다. 실험결과 풍향각 변화에 따라 단동형과 연동형의 피크외압계수의 크기가 다르게 나타나고 있었다. 풍향각 0°~풍향각 30°까지는 연동형이 단동형보다 피크외압계수가 30%정도 큰 부압계수가 나타나고 있었다. 그러나 풍향각 60°부터는 단동형이 연동형보다 30%정도 큰 부압계수가 나타나고 있다. 비닐하우스 풍향각이 90°(지붕 측면에서 불어오는 바람) 일 때 단동형과 연동형이 거의 동일하게 나타나고 있었다. 다시 풍향각이 120°까지는 단동형이 연동형보다 30%정도 크게 나타나고 150°, 180° 풍향각이 증가할수록 연동형에서 큰 피크외압계수가 나타나고 있었다. 비닐하우스의 풍향각 변화에 따라 피크외압계수가 크게 변화하고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 피크외압계수의 위치도 바람이 불어오는 방향의 지붕면보다는 반대의 지붕면 나타나고 있었다. 연동형의 경우는 3개의 지붕 중에서 바람이 불어오는 방향을 기준으로 해서 가장 먼 곳에 있는 지붕면에서 큰 피크외압계수가 계측되고 있었다. 이러한 피크외압계수의 원인은 비닐하우스의 폭과 단동형과 연동형의 경우 지붕의 높이와 지붕의 기울기가 다르기 때문으로 판단된다.

또한 단동형 비닐하우스 3개동의 배치별 피크외압계수의 변화에 대해서 알아보았다. 해석결과 비닐하우스의 위치와 풍향각에 따라 피크외압계수가 다르게 나타나고 있는 것을 알 수 있었다. <그림 9>는 단동형 비닐하우스의 지붕면 최대 피크외압계수를 나타내고 있다. 단동형의 경우 지붕면에서 최대 피크외압계수가 나타나고 있었지만, 3개의 비닐하우스가 일정한 거리를 두고 배치될 경우 최대 피크외압계수는 위치와 크기가 다르게 나타나고 있었다. 최대피크외압계수가 발생하는 위치는 비닐하우스 지붕면의 중앙에서 발생하고 있었다. 풍향각 변화에 따른 특징에서는 각 위치별 비닐하우스가 아래 위치한 풍향각에서 최대 피크외압계수가 발생하고 있었다.

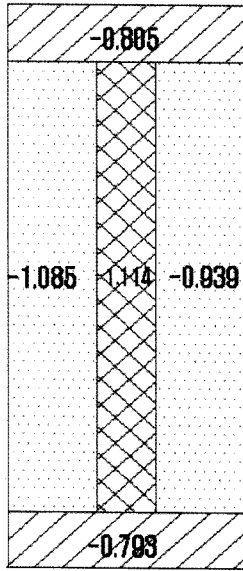
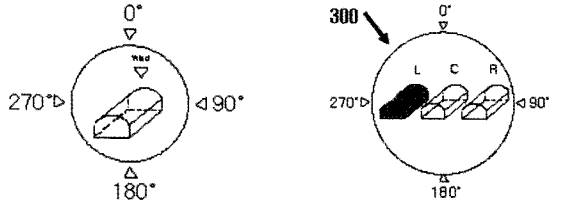
L-비닐하우스는 풍향각 300°에서, C-비닐하우스는 30°, R-비닐하우스는 120° 나타나고 있었다. 그리고 단동형에 비해 2배 이상 피크외압계수가 크게 나타나고 있었다. 단동형에서 비닐하우스의 앞뒤 출입문에서 발생하던 -1미만의 피크외압계수가 3개동이 배치되었을 때는 최대 -2이상으로 크게 증가를 하고 있어 배치형태에 따른 피크외압계수의 증가를 확인할 수 있었다. <표 2>는 비닐하우스의 지붕면에서 발생하는 최대 피크외압계수 분포를 풍향각 및 종류별로 분리해 보았다. 전체적으로 3개동이 배치된 단동 비닐하우스에서 발생하는 피크외압계수가 가장 크게 나타나고 있었다. 그리고 연동형과 단동형의 경우는 풍향각 변화에 따라 다양한 분포를 하고 있지만 전체적으로 연동형이 최대피크외압계수분포를 나타내고 있었다.

<표 2> 비닐하우스의 | 풍향각 변화에 따른 피크외압계분포

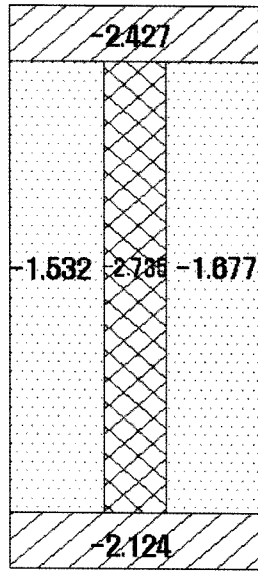
각도	단동형	연동형	배치별(단동형)
0도	-0.4~-0.72	-0.66~-1.04	-1.2~-1.7
	단동형 < 연동형 < 배치별		
30도	-0.57~-0.67	-0.41~-0.78	-1.2~-1.75
	단동형 < 연동형 < 배치별		
60도	-0.79~-1.06	-0.53~-0.71	-1.55~-2.10
	연동형 < 단동형 < 배치별		
90도	-0.46~-0.66	-0.425~-0.69	-1.30~-1.90
	연동형 = 단동형 < 배치별		
120도	-0.83~-1.01	-0.44~-0.93	-1.25~-2.38
	연동형 < 단동형 < 배치별		
150도	-0.58~-0.70	-0.48~-0.86	-1.20~-1.65
	단동형 < 연동형 < 배치별		
180도	-0.35~-0.70	-0.635~-1.16	-1.25~-2.10
	단동형 < 연동형 < 배치별		



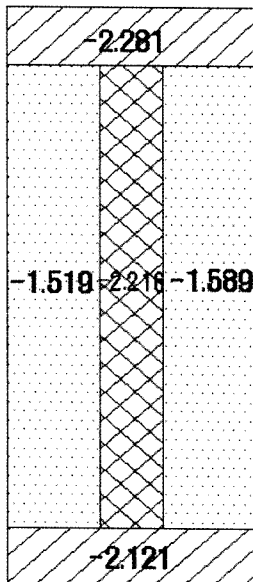
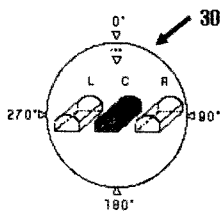
〈그림 8〉 단동형과 연동형의 풍향각 변화에 따른 지붕면에 작용하는 피크외압계수분포



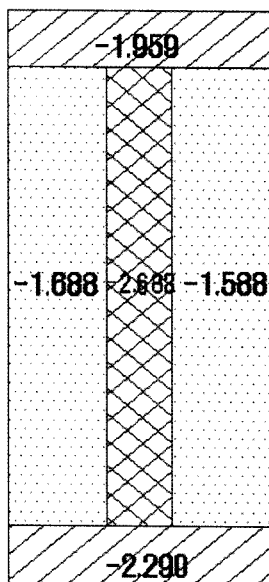
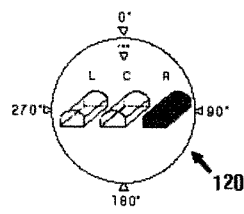
(a) 단동형



(b) L-비닐하우스



(C) C-비닐하우스



(D) R-비닐하우스

〈그림 9〉 단동형 비닐하우스 지붕면의 배치별 최대 피크외압계수

### 5. 결론

비닐하우스의 형태와 배치에 따른 피크외압계수의 변화에 따른 풍압실험결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

연동형이 단동형에 비해 지붕면에 작용하는 피크외압계수가 50%정도 감소하고 있는 것을 알 수 있었다. 그리고 단동형을 3개 연속으로 설치하는 집단형태의 비닐하우스는 단동형보다 2배 이상의 큰 피크외압계수가 나타나고 있었다.

그러나 풍향각 변화에 따른 분석결과 연동형이 단동형에 비해 언제나 유리한 피크 외압계수를 나타내고 있는 것은 아니었다. 비닐하우스의 출입문을 중심으로 하여 측면 각도에서 불어오는 풍향각 30°까지는 오히려 연동형이 피크외압계수가 크게 나타나고 있어 불리하다가 다시 90° 이전까지는 단동형에서 피크외압계수가 크게 발생하고 있었다.

그리고 배치형 비닐하우스에서도 각 위치별 비닐하우스에 따라 최대 피크 외압계수가 발생하고 있었다. 비닐하우스의 경우 전체 풍향각에 의한 평가보다는 부분적인 풍향각에 의한 안전성에 대한 검토가 필요하다는 것을 알 수 있었다.

### -감사의 글-

본 연구는 국토해양부 지역기술혁신사업의 연구비 지원(과제번호# '08지역기술혁신 B01-02)에 의해 수행되었습니다.

### -참고문헌-

1. 이석진, 이현우, 이종원, 하우스의 구조설계를 위한 풍력계수의 분석, 한국생물환경조절학회, 1993
2. 최홍림, 손정익, 이석진, 풍하중이 농업시설물의 구조적 안정성에 미치는 영향 - 수치해석에 의한 풍력계수분포 산정 -, 한국생물환경조절학회, 제3권 제1호, 1994
3. 원예특작시설 내재해형 규격 설계도 시방서, 농림수산식품부, 농촌진흥청, 2008

4. Jensen, M., and Franck, N. (1965), Model-Scale Tests in Turbulent Wind, Part II, The Danish Technical Press, Copenhagen
5. Surry, D., and Stathopoulos, T. (1985), The Wind Loading of Low Buildings with Mono-Sloped Roofs., University of Western Ontario
6. Stathopoulos, T. and Mohammadian, A. R. (1985a), Code Provisions for Wind Pressure on Low Buildings with Mono-Sloped Roofs., Proc. Asis Pacific Stmp. on Wind Engineering
7. Cui, B. (2006), External Pressure Coefficients on Saw-tooth and Mono-sloped Roofs, Structures
8. Holmes, J. D. (2001), Wind Loading of Structures, Spon Press, London, UK
9. Tieleman, H. W., Surry, D. and Mehta, K. C. (1996) Full/ Model-scale comparison of surface pressures on the Texas Tech Experimental Building, Journal of Wind Engineering Industrial Aerodynamic, 61, 1-23

▶ 접수일자 : 2009년 11월 4일

▶ 심사 완료일자 : 2010년 2월 2일

▶ 게재 확정일자 : 2010년 2월 10일