

건물 옥상에 설치되는 옥상 간판의 피크풍압 분포에 대한 연구

A Study on the Distribution of the Peak Wind Pressure for Rooftop Signboards

남 병 희*
Nam, Byung-Hee

유 장 열**
You, Jang-Youl

이 남 훈***
Lee, Nam-Hun

유 기 표****
You, Ki-Pyo

Abstract

Unlike other types of outdoor advertisements, rooftop signboards are installed on the roofs of buildings, rather than on their outer walls. This means that the area of a rooftop signboard is commonly larger than that of a general outdoor signboard. Moreover, as such signboards are greatly influenced by the wind, they can suffer a lot of damage from typhoons and strong winds every year. However, there is no wind load specification for rooftop signboards. In this study, wind pressure experiments were conducted to investigate the peak wind pressure on each side of rooftop signboards installed on the roofs of 5-15 story buildings in a city center. The minimum peak wind pressure coefficient was -3.0 at the bottom edges of the front and back of the rooftop signboards and -2.0 along the entire length of the sides. As the height of the rooftop signboard increased with the increasing height of the buildings, the peak value was found to be larger than the absolute peak value for the minimum peak wind pressure coefficient. The maximum and minimum peak wind pressure distributions of the rooftop outdoor signboards were influenced by the position of the signboard and the wind angle.

Keywords : Hoarding on roof, Outdoor billboard, Outdoor structure, Wind pressure coefficient, Wind tunnel experiment

1. 서론

우리나라는 근래 들어 산업화로 인한 도시화가 급속도로 진행되고 있으며, 그에 따른 상업의 발전 또한 눈에 띄게 증가하였다. 이러한 상업의 발전에 따라 광고물에 대한 중요성이 커졌고, 옥외 광고물의 설치에 매출에 긍정적인 영향을 주는 중요한 요소로 발전하였다¹⁾. 그로 인해 돌출 간판, 지주 간판, 옥상 간판 등 많은 옥외 광고물이 꾸준히 설치되고

있고, 이러한 옥외 광고물들은 건물의 외곽, 벽면, 옥상 등에 설치되기 때문에 설치 방법 및 위치에 따른 구조적 안전성이 대단히 중요시 되고 있다. 하지만 지구의 이상기후 등에 의해 발생하는 태풍이나 강풍의 빈도가 증가하면서, 그로 인한 간판 탈락 및 파괴 같은 피해가 많이 발생하고 있는 것이 근래의 현실이다²⁾.

특히 옥외 광고물 중 옥상 간판은 건물의 외곽, 벽면이 아닌 옥상에 설치되며, 그 면적이 일반 옥외 간판보다 크고 바람에 많은 영향을 받는다. 하지만 우리나라의 옥상 간판에 대한 설계 및 구조 기준은 전무한 상태이며, 이에 대한 연구와 관심도 많이 부족한 상태이다. 현재까지 옥상 간판에 대한 국내 연구로는 Choi, Jeong & Choi(2014)가 대구 기상청의 기본 풍속을 이용하여 옥상 간판의 풍하중을 계산하였고¹⁾, 외압 계수도 영향을 받는 것으로 판단되는데 결과를 보여주었다. 하지만 실험을 통한 데이터가 아닌 구조 기준에 대한 계산만을 진행하였다.

* 전북대학교 건축공학과 대학원, 박사과정
College of Architecture Engineering, Chonbuk National Univ.
** 정회원, 송원대학교 건축공학과 교수, 공학박사
College of Architecture Engineering, Songwon Univ.
*** School of Engineering, Science, and Technology, Central Connecticut State Univ.
**** 교신저자, 정회원, 전북대학교 건축공학과 교수, 공학박사,
장경간철골구조농촌시설물연구센터
College of Architecture Engineering, Chonbuk National Univ.,
Long-span Steel Frame System Research Center
Tel: 063-270-4057 Fax: 063-270-2285
E-mail: youkp@jbnu.ac.kr

Jung(2013)은 접합부의 앵커를 개발하면서 앵커의 개수를 기초로 내풍 설치 안전 기준 가이드라인을 작성하였다³⁾. 하지만 주로 옥상 및 옥외 간판의 접합부에 대한 연구만 이루어졌다. 해외에서는 Masuyama et al.(2011)이 옥상 간판의 풍력 계수에 대한 연구 및 간판의 크기와 위치에 대한 풍압계수 연구를 진행하였다⁴⁾. 옥상 간판에 미치는 여러 요소들의 영향이 잘 조사되었지만, 일본 기준에 맞추다 보니 국내 기준과 상이한 면이 존재하였다. Letchford(2001)는 옥상 간판의 풍하중에 대한 연구를 진행하였지만, 옥상 간판의 다공성에 따라 접합부에 미치는 풍하중에 대한 것이었다⁵⁾. 이와 같이 옥상 간판에 대한 많은 실험이 진행되었지만 우리나라에서는 간판의 접합부에 관한 연구가 주로 이루어지고 있으며, 옥상 간판에 직접적으로 영향을 미치는 풍압계수에 대한 연구가 아직 미비한 실정이다. 이에 본 연구에서는 우리나라의 옥외광고물 등의 관리 광고 산업진흥에 따른 법률⁶⁾과 서울옥외광고물 가이드라인⁷⁾을 기초로 선정한 옥상 간판의 풍압 실험을 실시하여 실험 각도 변화에 따른 외장재용 풍압계수 분포와 그에 대한 영향에 대해 분석하고자 한다.

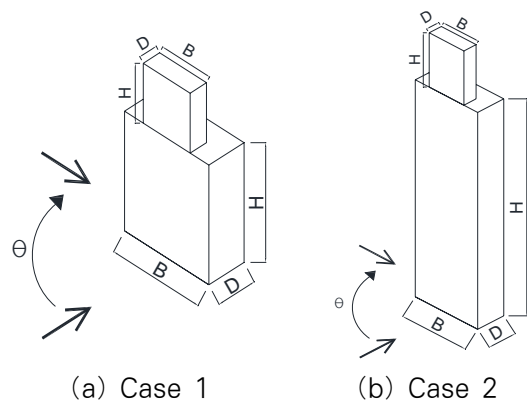
2. 풍동 실험

2.1 실험 모형

바람의 영향을 많이 받는 옥상 간판의 풍압계수 분포를 분석하기 위하여 현재 우리나라에서 사용되고 있는 옥상 간판의 크기를 조사하여 선정하였다. 현재 우리나라의 옥외 광고물은 옥외광고물 등의 관리 광고 산업 진흥에 따른 법률⁶⁾에 따라서 크기가 결정된다. 옥상 간판은 5층 이상, 15층 이하의 건물에 설치가 가능하며 각 면의 합계는 1,050m² 이내, 옥상 간판의 최대 높이는 15m 이내이며, 건물 높이의 1/2을 초과할 수 없다. 이와 같은 기준을 기초로 옥상 간판의 크기를 선정하였다. 옥상 간판 크기 선정에 앞서 옥상 간판을 설치하기 위한 건물의 크기를 선정하였다. 옥상 간판을 설치하기 위한 건물은 여러 가지 형태가 있지만 본 실험에서는 5층

(Case 1)과 15층(Case 2) 업무용 건물 위에 설치 가능한 옥상 간판을 1개씩 설치하였다.

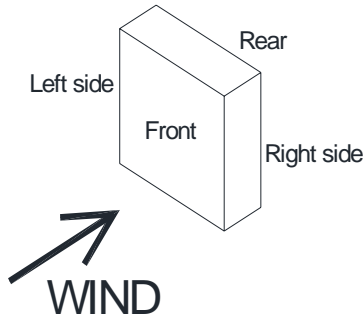
건물의 크기는 Case 1은 18m(B)×7.5m(D)×20m(H), Case 2는 18m(B)×7.5m(D)×60m(H)로 선정하였다. 그리고 옥상 간판의 크기는 법률에 근거하여 Case 1은 10m(B)×3.5m(D)×10m(H), Case 2는 10m(B)×3.5m(D)×15m(H)로 선정하였다. 건물의 높이가 증가하면서 옥상 간판의 높이도 증가하도록 설정하였다. 건물의 설치 위치는 현재 가장 많이 설치되어 있는 위치인 건물 정면의 중앙부에 설치하였다. 현재 실험은 Case별로 1개씩 총 2개의 실험을 진행하였지만, 추후에 모형 사이즈의 변화 및 옥상 간판의 위치 변화에 따른 풍압계수 분포 실험도 추가로 진행할 예정이다. 풍압 모형 스케일은 1/100으로 하였다. <Fig. 1>은 Case별 옥상 간판 모형을, <Fig. 2>는 옥상 간판의 정면, 우측, 후면, 좌측의 위치를 나타내고 있다. <Table 1>은 건물 및 옥상 간판의 실제 치수를 나타내고 있다.



<Fig 1> Size of prototype

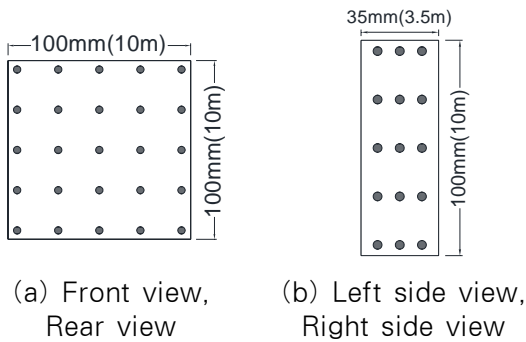
<Table 1> Size of model and hoarding on roof

	Size of model	Size of hoarding on roof
	B(m)×D(m)×H(m)	B(m)×D(m)×H(m)
Case 1	18×7.5×20	10×3.5×10
Case 2	18×7.5×60	10×3.5×15

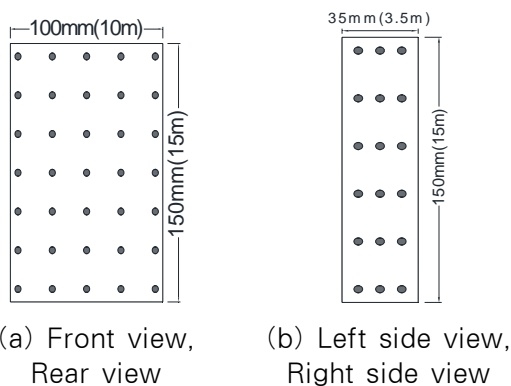


<Fig. 2> Location of hoarding on roof

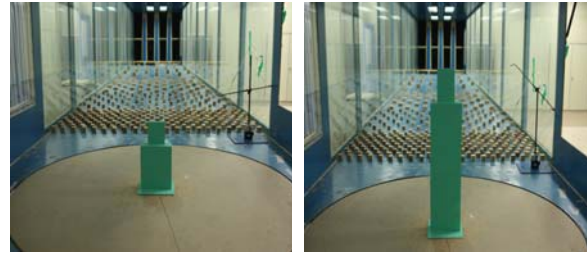
옥상 간판의 피크외압계수를 측정하기 위한 풍압 모형을 제작하였다. 실험에 사용된 모형은 아크릴로 제작하였으며, 피크외압계수 분포를 측정하기 위해서 Case 1의 정면과 배면에는 각 25개씩, 우측과 좌측면에는 각 15개씩 총 80개의 풍압공을, Case 2의 정면과 배면에는 각 35개씩, 우측면과 좌측면에 각 18개씩 총 106개의 풍압공을 설치하였다. <Fig. 3~4>는 Case 1과 Case 2의 풍압공 배치 및 크기를 나타내고 있다. <Fig. 5>는 풍동 내에 설치된 실험 모형을 나타내고 있다.



<Fig. 3> Layout of pressure tap (Case 1)



<Fig. 4> Layout of pressure tap (Case 2)



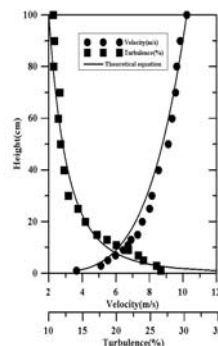
(a) Case 1 (b) Case 2

<Fig. 5> Experiment model installed within the wind tunnel

2.2 풍동 실험

옥상 간판에 작용한 피크풍압계수 분포를 알아보기 위해서 풍동 실험을 실시하였다. 풍동 실험은 전북대학교 경계층 풍동연구실에서 보유한 Eiffel형 경계층 풍동 장치를 이용하였다. 풍동의 측정부 제원은 길이 18m, 폭 2.1m, 높이 1.7m로 풍속 범위는 0.3~12m/s이다. 실험에서 적용된 난류경계층은 지표면 조도구분 B($\alpha=0.22$)를 사용하였다. 풍동 내에 형성된 평균 풍속과 난류강도의 수직 분포는 <Fig. 6>과 같다. 실선은 KBC2016 기준⁸⁾에 의한 이론식을 나타내며 지수법칙과 난류강도를 사용하여 구하였다. 풍압 실험에서 측정된 각 풍압은 무차원화 되어 표기된다. 최대/최소 피크풍압계수는 아래와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{최대 피크 풍압계수(정압)} : C_{P_{\max}} &= P_{\max} / q_H \\ \text{최소 피크 풍압계수(부압)} : C_{P_{\min}} &= P_{\min} / q_H \end{aligned}$$



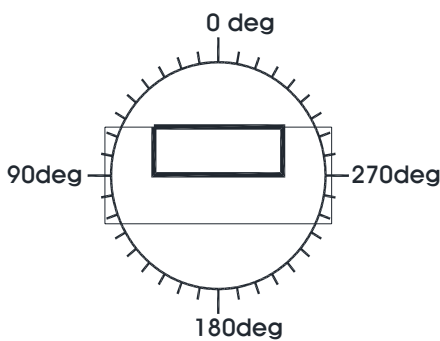
<Fig. 6> Vertical distribution of average wind speed and turbulence intensity

풍압 실험은 옥상 간판을 많이 사용하고 있는 서울특별시를 기준으로 하였으며 지표면 조도구분 B를 사용하였다. 실험에서 사용된 옥상 간판의 기본

풍속은 KBC2016 기준을 적용하여 선정하였다⁸⁾. 옥상 간판은 가설 건축물로써 10년 재현 주기 풍속을 사용하였고, 중요도 계수는 0.9로 선정하였다. <Table 2>는 풍동 실험에 사용된 상사법칙을 나타내고 있다. 풍동 내 기류는 열선풍속계(IFA-300)를 사용하여 측정하였다. 옥상 간판에 대한 풍압 실험 각도는 10° 간격으로 총 36개 풍향에 대해서 실험을 실시하였다. <Fig. 7>은 실험에 사용된 각도를 나타내고 있다.

<Table 2> The similarity law of the wind tunnel experiment

Velocity scale	Design velocity	Experiment velocity	Velocity scale
Case 1	17.58m/s	5m/s	1/3.5
Case 2	21.56m/s	5m/s	1/4.3
Model scale	1/100		
Time scale	Case 1	1/28.44	
	Case 2	1/23.19	
Ensemble average	10 Time		
Sampling frequency	100Hz		
Wind direction	36 directions (0~350°)		
Roughness division	Roughness B		



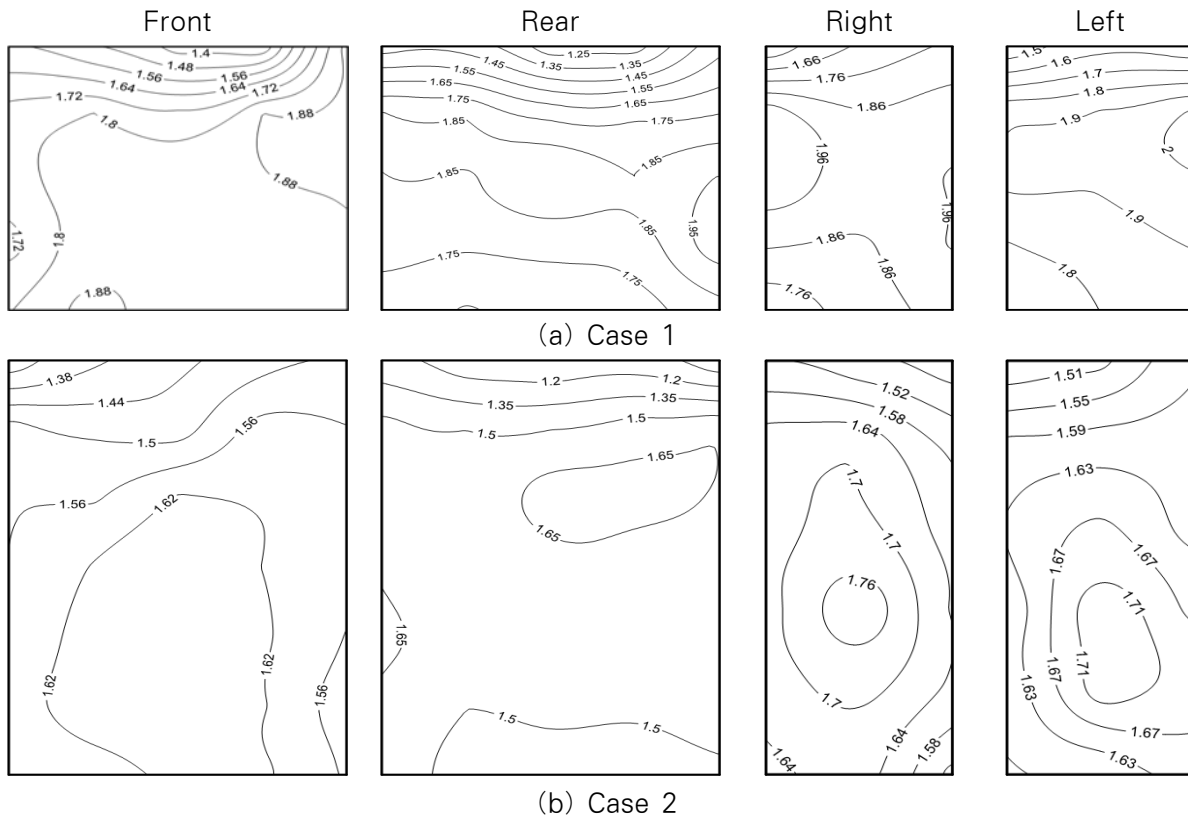
<Fig. 7> Wind direction

3. 실험 결과

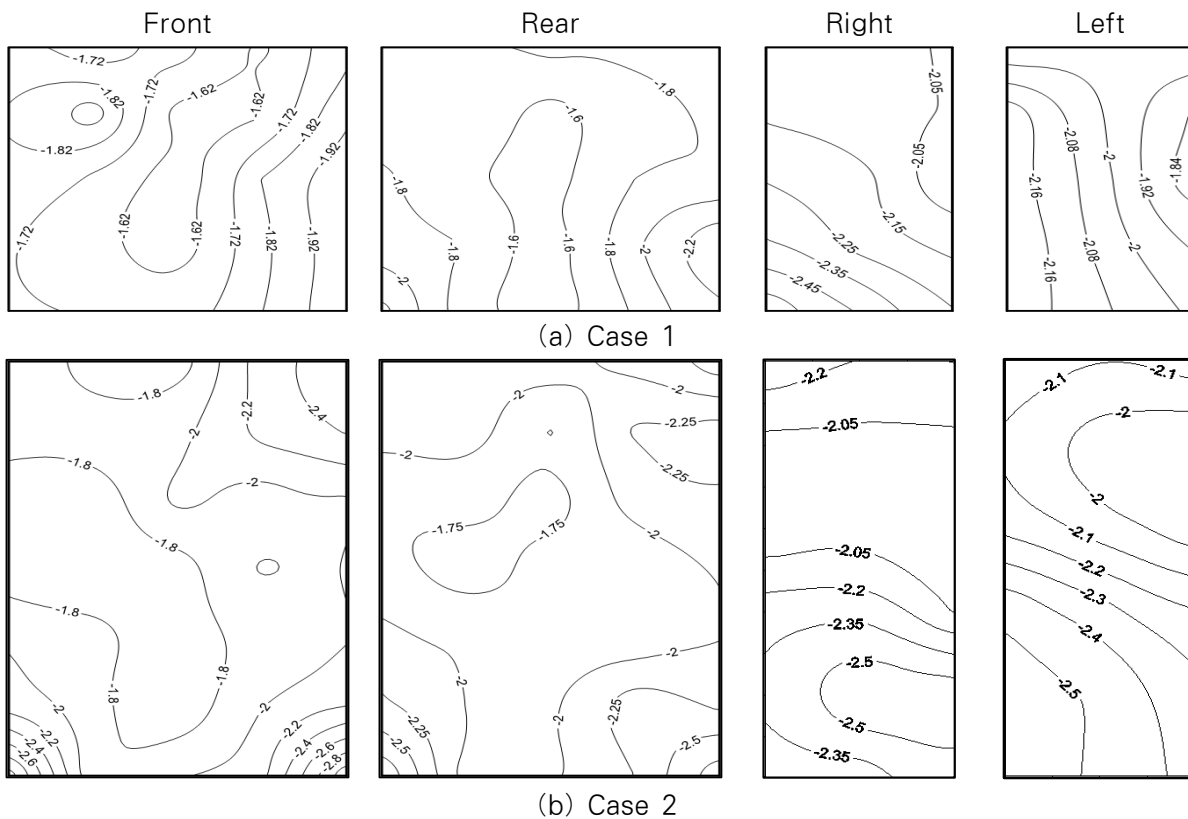
3.1 최대/최소 피크풍압계수

<Fig. 8~9>는 건물 옥상 지붕에 설치된 옥상 간

판의 최대/최소 피크풍압계수를 나타내고 있다. 옥상 간판 Case 1, Case 2의 정면과 후면의 위치별 최대 피크풍압계수(정압)는 옥상 간판의 높이와 관계 없이 옥상 간판의 하단 부분이 상단 부분보다 25% 이상 크게 분포하고 있었다. 건물 높이의 증가와 함께 Case 1보다 옥상 간판의 높이가 30% 증가된 Case 2의 경우 정면과 후면의 최대 피크풍압계수(정압)는 Case 1보다 10~20% 정도 감소하고 있었다. 그리고 좌측면과 우측면에서의 최대 피크풍압계수(정압)는 옥상 간판의 측면 중앙 부분에서 나타나고 있었다. 그리고 최대 피크풍압계수(정압)는 정면과 후면을 비교하였을 때 정면에서 최대 10% 이상 크게 나타나고 있었다. 옥상 간판의 높이 변화에 따른 측면 최소 피크풍압계수(부압)는 정면, 후면에서 Case 1이 Case 2보다 20% 이상 크게 나타나고 있었다. 옥상 간판의 정면과 후면 모서리 부분에서 최소 피크풍압계수(부압) 값이 분포하고 있었다. 옥상 간판의 높이가 높은 Case 2에서는 계수 값이 -1.8~-2.8까지 나타나고 있었으며, 이는 Case 1의 -1.62~-1.92보다 30% 이상 크게 나타나고 있었다. 최소 피크풍압계수(부압)의 분포 형태는 하단과 상단의 모서리에서 분포하는 최소값이 간판의 중앙으로 이동하면서 작아지고 있었다. 측면의 최소 피크풍압계수(부압)의 차이는 -2.0 범위 내에서 분포하고 있었지만, 옥상 간판의 높이 변화에 따른 차이는 크게 나타나지 않았다. 최대 피크풍압계수(정압)와 비교하여 최소 피크풍압계수(부압)는 중앙부가 아닌 간판의 하단 모서리 부분에서 나타나고 있었다. 현재 우리나라에서는 KBC2016⁸⁾에 제시된 일반 건물의 풍압계수를 그대로 옥상 간판에 적용하여 사용하고 있으며, 유효 면적 50m² 이상은 최대 피크풍압계수 1.4, 최소 피크풍압계수 -1.6을 기준으로 하고 있다. 실험 결과, 최대 피크풍압계수는 약 15%, 최소 피크풍압계수는 약 40% 이상 크게 나타났다. 건물보다 크기가 작고 높은데 위치한 옥상 간판의 건물에 영향을 받아 풍압계수가 크게 나온 것을 알 수 있었다. 옥상 간판의 경우 가장 큰 풍압계수 데이터를 옥상 간판의 전체에 적용하여 안정성을 확보하여야 할 것으로 판단된다.



〈Fig. 8〉 Maximum peak pressure coefficients

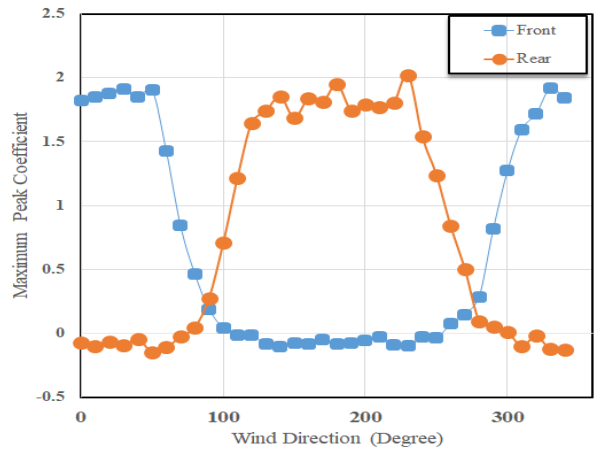


〈Fig. 9〉 Minimum peak pressure coefficients

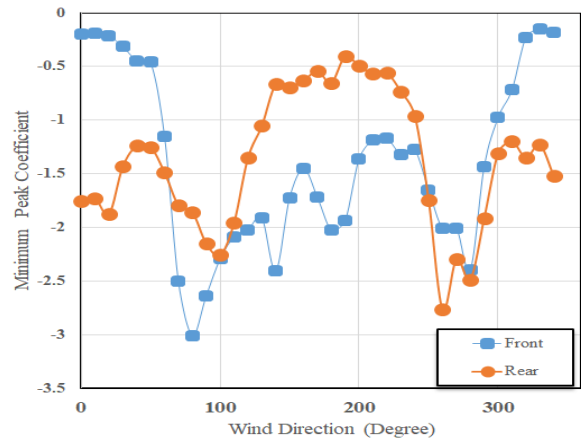
3.2 풍향각 변화에 따른 최대/최소 피크풍압계수

<Fig. 10~11>은 풍향각 변화에 따른 최대/최소 피크풍압계수 분포를 나타내고 있다. 옥상 간판의 각 면에 설치된 풍압공의 각도별 최대/최소 피크풍압계수를 분리하여 분석을 실시하였다. 정면과 후면의 최대 피크풍압계수(정압)는 옥상 간판에 바람이 불어오는 방향에서 최대값이 나타나고 있었다. 정면은 0~60°과 330~350°에서, 후면은 120~230° 사이에서 최대값이 나타나고 있었다. 그 이외의 각도에서는 최소값이 일정하게 나타나고 있었다. 정면과 후면의 최대 피크풍압계수(정압)에서 최대값과 최소값의 차이는 약 2배 정도로 동일하게 나타나고 있었다. 그리고 정면과 후면의 최소 피크풍압계수(부압)는 계수의 크기만 봤을 때 최대값은 정면 80°에서, 후면은 260°에서 나타나고 있었다. 이는 정확하게 180°의 차이를 보이고 있었다. 정면의 최대 피크풍압계수(정압) 최대값이 분포하는 각도는 후면에서 최대 피크풍압계수(정압)의 계수의 크기만 봤을 때 최소값이 나타나고 있었다. 그리고 최대 피크풍압계수(정압)의 최소값이 분포하는 각도에서 계수의 크기로 봤을 때 최대 피크풍압계수(정압)의 최대값이 나타나고 있었다. 후면의 경우는 정면과 비슷한 양상으로 분포하고 있었다. 정면과 후면의 풍향각별 최소 피크풍압계수(부압)의 계수 값의 차이를 분석해보면 정면이 후면보다 2배 이상 크게 나타나고 있었다. 이는 후면이 정면보다 피크풍압계수 분포가 넓은 영역에서 나타나고 있는 것을 확인할 수 있었다. 간판의 좌측은 0~180° 사이에서, 우측은 180~340° 사이에서 최대 피크풍압계수(정압)의 최대값이 분포하고 있었다. 최대 피크풍압계수(정압)의 최대값과 최소값의 차이는 2배 이상 나타나고 있었으며, 좌우 대칭으로 분포하는 것을 확인할 수 있었다. 우측과 좌측의 최소 피크풍압계수(부압)는 계수 크기 기준으로 최대값이 나오는 각도는 최대 피크풍압계수(정압)가 분포하는 동일한 각도에서 나타나고 있었다. 그러나 우측과 좌측의 최소 피크풍압계수(부압)의 계수 값 크기 기준으로 최대값은 0°와 270°에서 각각 나타나고 있었다. 최대 피크풍압계수(정압)의 최대값과 최소값이 2배 이상 차이를 보이고 있지만

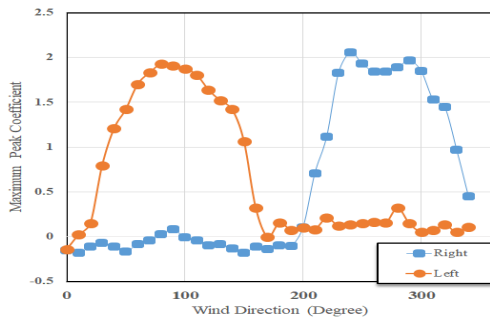
최소 피크풍압계수(부압)는 계수 값 크기 기준으로 최대값과 최소값이 2.5배로 크게 나타나고, 좀 더 넓은 각도에서 분포하고 있었다. 옥상 간판의 높이에 따른 Case 1과 Case 2의 각도별 최대/최소 피크풍압계수의 분포는 최대 피크풍압계수(정압)에서는 Case 1에서 20% 정도 크게 나타나고 있지만 최소 피크풍압계수(부압)에서는 계수 값 크기 기준으로 최대값이 22% 정도 Case 2에서 크게 나타나고 있었다. 옥상 간판의 최대/최소 피크풍압계수의 최대값과 최소값은 4면 모두에서 각도와 위치에 따라 다르게 나타나지만 동일한 크기로 분포하고 있었다.



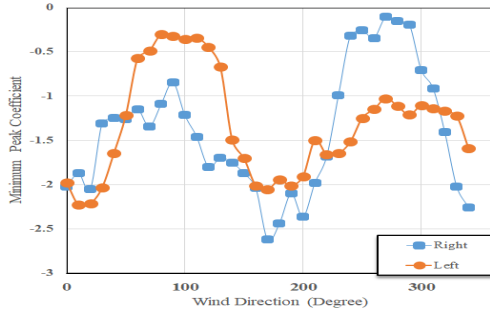
(a) Maximum peak pressure coefficient (Front and rear)



(b) Minimum peak pressure coefficient (Front and rear)

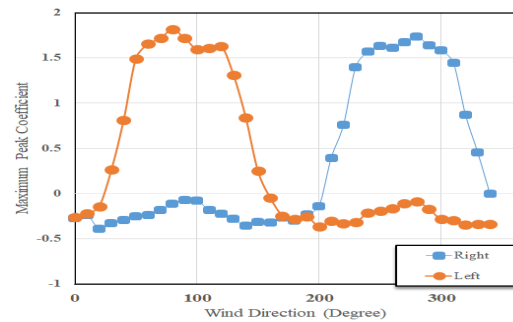


(c) Maximum peak pressure coefficient (Right and left)

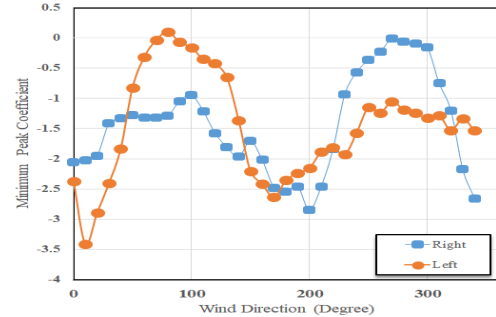


(d) Minimum peak pressure coefficient (Right and left)

<Fig. 10> Peak pressure coefficients (Case 1)

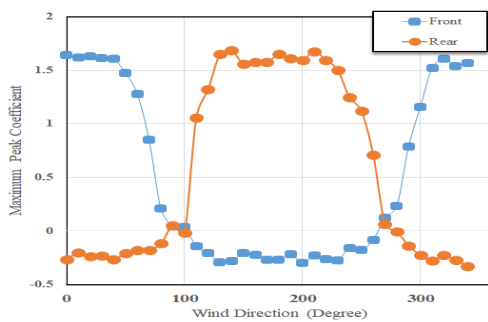


(c) Maximum peak pressure coefficient (Right and left)

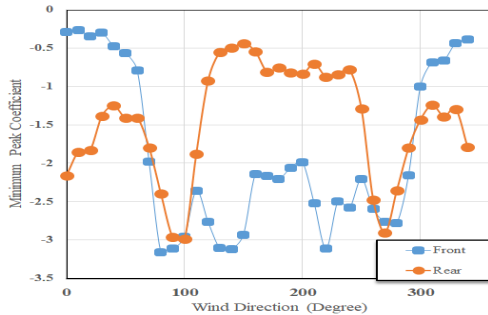


(d) Minimum peak pressure coefficient (Right and left)

<Fig. 11> Peak pressure coefficients (Case 2)



(a) Maximum peak pressure coefficient (Front and rear)



(b) Minimum peak pressure coefficient (Front and rear)

4. 결론

건물 옥상에 설치되는 옥상 간판의 피크풍압계수 분포에 대한 풍동 실험을 진행한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) 옥상 간판 정면과 후면에 대한 피크풍압계수의 최대 및 최소값은 하단과 모서리 부분에 국부적으로 분포하고 있었다. 정면 및 후면의 하단 부분의 모서리에서 최소 피크풍압계수 -3 이상 크게 나타났다. 그러나 옥상 간판 측면 부분의 피크풍압계수는 국부적인 영역보다는 측면 전체에 최소 피크풍압계수(부압)가 -2로 넓게 분포하고 있었다. 건물 높이가 증가에 따른 옥상 간판의 높이가 높아질수록 최소 피크풍압계수(부압)에서 계수 값 크기 기준으로 피크값이 크게 분포하고 있었다. 현재 옥상 간판의 기준이 되고 있는 KBC2016⁸⁾의 옥상 간판 풍압계수 기준보다 최대 피크풍압계수는 약 15%, 최소 피크풍압계수는 약 40% 이상 크게 나타났다.

2) 풍향각 변화에 따른 옥상 옥외 간판의 최대/최소 피크풍압계수의 분포는 간판의 위치와 풍향각에 따라 다르게 나타나고 있었다. 최대/최소 피크풍압계수의 외장재용 설계를 위한 최대 및 최소값은 모두 100~300° 영역에서 분포하고 있었다. 옥상 간판의 좌측은 0~180°, 우측은 180~340° 사이에서 좌우 대칭으로 분포하고 있었다. 옥상 간판의 모든 면에서 특정 각도별 피크풍압계수가 영향을 받고 있었다.

감사의 글

논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (NRF- 2016R1D1A1B03935898)

References

1. Choi, Y. S., Jeong, S. H., & Choi, S. H., "Wind load estimation for the outdoor advertisement", Korean Society of Civil Engineers, pp.607~608, 2014
2. You, J. Y., Nam, B. H., & Kim, Y. M. (2017). Distribution of Wind Pressure Coefficients Depending on Separation Distances of Protruding Signboard. Proceedings of the Architectural Institute of Korea, Republic of Korea, Vol.37, No.2, pp.670~673
3. Jung, W. Y., "Developed safety installation standard and high performance attaching product to reduce damage of outdoor advertisement structure by strong wind", Gangneung-Wonju National University Industry Academy Cooperation Group, 2013.
4. Masuyama, Y., Nakamura, O., Okuda, Y., Ito, S., Kikuchi, H., Noda, H., . . . Uematsu Y., "Peak Wind Force Coefficients of Hoardings on Roof", Wind Engineers, Vol.36, No.4, pp.362~375, 2011

5. Letchford, C. W., "Wind loads on rectangular signboards and hoardings", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Vol.89, No.2, pp.135~151, 2001
6. Enforcement Decree of the act on the Management of outdoor Advertisements etc and Promotion of outdoor Advertisement Industry, 2016.
7. Seoul outdoor Advertisement status Book, Korea out of Home Advertising Center, 2014.
8. Korea Building Code, 2016

- Received : April 03, 2018
- Revised : May 14, 2018
- Accepted : May 16, 2018