

도로표지판의 설치 높이에 따른 풍하중 특성에 관한 연구

성흥기

한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부

A Study on Wind Pressure Distribution Around Road Signs According to Installation Height

Hong Ki Sung

Department of Future & Smart Construction Research,
Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약 도로표지는 도로 시설을 쉽게 이용할 수 있도록 하는 중요한 시설물로 구조적 안정성 확보도 중요하다. 최근 발생한 이상기후 및 강풍으로 인하여 도로시설물의 안전에 대한 인식이 강조되고 있다. 「도로표지규칙」에서는 도로표지판의 항력계수를 규격 및 설치 높이에 관계없이 일률적으로 1.2의 값을 적용하고 있다. 본 연구에서는 설치 높이별 도로표지판의 항력계수를 산출하기 위하여 전산유체역학 분석을 이용하여 도로표지판 주변의 풍압, 풍속 등 유체 거동을 분석하였으며, 설치 높이별 도로표지의 항력계수를 제안하였다. 도로표지판 전후면 풍압의 비율로 항력계수를 산출하였으며, 도로표지의 설치 높이와 도로표지판 항력계수와의 상관관계를 분석하였다. 설치 높이가 증가하여 틈새비가 감소할수록 도로표지판의 항력계수는 증가하는 것으로 나타났다. 지면에 설치된 도로표지판에 비하여 틈새비가 0.7인 경우 항력계수 값이 10.1% 증가하였으며, 틈새비가 0.3인 경우에는 항력계수 값이 18.5% 증가한 것으로 나타났다. 이는 설치 높이에 따른 도로표지판 후면에 발생하는 유동박리 구역에 따른 것으로 판단된다. 제안한 설치 높이별 도로표지판의 항력계수를 적용하여 도로표지 시설물의 정밀 설계 및 이상기후에 대한 선제적 대응이 가능할 것으로 판단된다.

Abstract Road signs are important and make roads easier to use, so securing their structural stability is also important. Due to recent abnormal weather and strong winds, awareness of the safety of road facilities is being emphasized. The drag coefficient of road signs is uniformly applied as a value of 1.2 regardless of specifications and installation height. In this study, computational fluid dynamics (CFD) analysis was performed to analyze the drag coefficient of road signs according to the installation height. The drag coefficient was calculated from the ratio of the wind pressure in front and behind the road sign. Compared to road signs installed on the ground, the drag coefficient of road signs with a clearance ratio of 0.7 increased by 10.1%. The drag coefficient of road signs with a clearance ratio of 0.3 increased by 18.5%. It was found that as the installation height increases and the clearance ratio decreases, the drag coefficient of the road sign increases. This was due to the flow separation zone that occurs on the back of the road sign depending on the installation height.

Keywords : Road Sign, Drag Coefficient, Installation Height, Wind Pressure, CFD

*Corresponding Author : Hong Ki Sung(KICT)

email: sunghongki@kict.re.kr

Received September 21, 2023

Accepted December 8, 2023

Revised November 17, 2023

Published December 31, 2023

1. 서론

도로의 확장 및 개설에 따라 도로시설물도 확충되고 있으며, 도로시설물 중 도로 이용자가 원하는 목적지까지 쉽게 도착할 수 있도록 정보를 안내하는 부속물인 도로표지의 설치도 증가하는 추세이다. 현재 전국 도로에 약 22만 개의 도로표지가 설치되어 있으며, 2022년에 약 1,700개의 도로표지가 신설되었다[1]. 도로표지는 도로 시설을 쉽게 이용할 수 있도록 하는 중요한 시설물로 구조적 안정성 확보도 중요하다. 최근 발생한 이상기후 및 강풍으로 인하여 도로시설물의 안전에 대한 인식이 강조되고 있다. 도로표지는 기둥과 가로재로 구성된 지주에 넓은 판으로 설치되는 형식으로 강풍과 돌풍에 취약한 구조적 형태를 지닌다. 구조적 안정성 확보를 위하여 안전율을 고려하여 설계되고 있으나 이상기후 등 환경 변화에 선제적으로 대응하기 위하여 구조 특성에 적합한 내풍 설계가 반드시 수반되어야 한다. 도로표지와 관련된 국내 규정인 「도로표지규칙」에서는 내풍설계에서 반영되는 변수인 항력계수에 대하여 비교적 단순한 계수를 적용하도록 규정하고 있다. 항력계수는 유체의 흐름에서 물체가 받는 저항을 나타내는 무차원수를 의미한다. 「도로표지규칙」에서는 도로표지의 항력계수를 판과 지주로 구분하여 제시하고 있으며, 지주는 원형, 사각형의 형상과 지주의 높이 등을 고려하여 항력계수를 산출하여 적용하고 있다. 반면 도로표지판은 규격 및 설치 높이에 관계없이 일률적으로 1.2의 값을 적용하고 있다. 이는 미국의 「AASHTO Standard Specification(2009)」에서 규정하고 있는 표지판의 가로와 세로 규격 비율에 따른 항력계수를 준용된 규정이다. 국내 도로표지판의 가로와 세로 규격 비율이 5를 넘지 않는 점을 고려하여 도로표지판의 항력계수를 1.2로 일률적으로 규정하였다. 도로환경에 따라 도로표지의 설치 유형이 다양해지고 있으며, 각 설치 유형에서의 구조 안정성을 확보하여야 한다. 이를 위하여 보다 정밀한 구조설계가 이루어져야 하며, 항력계수 등 설계 인자의 정확성이 수반되어야 한다. 본 연구에서는 설치 높이별 도로표지판의 항력계수를 산출하기 위하여 전산유체역학 분석을 이용하여 도로표지판 주변의 풍압, 풍속 등 유체 거동을 분석하였으며, 설치 높이별 도로표지의 항력계수를 제안하였다.

다양한 시설물에 대하여 높이 등 설치 조건을 고려한 풍속 특성에 대한 연구가 수행되었다. Cho 등[2]은 건축물에 설치되는 캐노피에 대하여 설치 각도, 높이, 폭 등에 따른 풍압실험을 수행하였으며, 실험을 통하여 캐노

피의 풍압 분포를 분석하였다. 이를 통하여 설치 각도, 높이, 폭에 따른 최소 풍압계수를 제시하였다. 해당 연구와 달리 본 연구의 분석 대상인 도로표지는 설치 각도 및 설치 높이 등의 규격에서 큰 차이점을 나타낸다. 또한 도로표지는 일반적으로 5~7미터 높이를 가지므로 설치방법에 차이가 있다. Ha 등[3]은 건축물의 높이와 관련이 있는 형상비와 변장비 변화에 따른 건축물의 평균 풍압 분포의 특성에 대하여 연구하였다. 연구에서는 형상비가 낮은 중저층에서 평균풍압계수가 낮게 나타나는 것으로 나타났다. 또한 변장비가 1 이상인 경우에는 변장비가 증가할수록 풍압계수가 감소하는 것으로 나타났다. 해당 연구에서는 변장비와 형상비에 따른 풍압계수를 분석하였으며, 본 연구에서는 설치 높이에 따른 하부공간의 영향을 추가 고려하였다. Jung 등[4]은 온실 구조물에 대한 풍속의 수직분포를 분석하였다. 국내의 설계풍속 산정기준을 비교하였으며, 풍속에 따른 고도 분포 지수의 변화를 분석하였다. Kim 등[5]은 바람 재해 취약 시설물인 옥외 광고물의 강풍 취약도 평가를 수행하였다. 해당 구에서는 옥외 광고물의 다양한 설치 높이를 고려한 강풍 취약도 곡선을 제안하였다. 2층 높이에 설치된 옥외 광고물은 31m/s의 풍속에서 50% 확률로 파괴되었으며, 6층 높이에서는 26m/s의 풍속에서 50% 확률로 파괴되는 것으로 나타났다. 해당 연구에서는 광고판의 규격에 따른 설치 높이를 고려하였으며 설치 높이에 따른 하부공간 및 항력계수를 고려되지 않았다. Jeon 등[6]은 태양광 패널 주위의 와류를 모사하는 연구를 수행하였다. 해당 연구에서는 대와류모사(LES)를 이용하여 태양광 패널에 대한 수치해석을 수행하였다. 실제 설치되는 태양광 패널의 경사각을 고려하여 수치해석과 실측한 결과, 건축 구조기준의 설계기준 범위 이내임을 확인하였다. 해당 연구에서는 전산유체역학 분석을 통한 시설물의 풍압분포를 확인하였으나 항력계수 등 설계인자에 대한 산출은 수행하지 않았다. Lee 등[7]은 도로 및 철로에 설치하는 통풍형 방음벽에 대한 내풍성능을 검증하기 위하여 전산해석을 수행하였다. 연구에서는 통풍형 방음벽이 반사형 방음벽과 비교하여 약 14.67%의 풍하중 감소효과가 있는 것으로 나타났다. 후류에서 발달하는 대규모 와류를 저감하기 위하여 설치된 방음벽 상부의 슬릿으로 인하여 와류의 제어 효과가 있는 것으로 분석되었다. Hong[8]은 옥상 광고판의 크기별 최대풍압력 분포에 대하여 연구하였다. 연구에서는 실제 건물 옥상에 설치되는 옥외 광고판을 대상으로 전산유체역학 분석을 수행하였으며, 크기를 변경한 3개의 모델에 대한 풍압력과 변형을 비교

분석하였다. 전산유체역학 분석 결과, 높이와 너비의 비가 1.0에 가까울수록 풍압의 분포가 안정적인 것으로 확인되었다. Choi 등[9]에 의하여 풍하중 저감형 방음판에 대한 실증 연구가 이루어졌다. 풍하중 저감형 방음판의 신뢰성을 검증하기 위하여 현장 설치하여 풍동실험을 수행하였다. 연구의 풍동실험 결과, 풍하중 저감형 방음판에서 약 37~40%의 풍하중 저감율이 나타나는 것으로 확인되었다. 상기 선행 연구들에서는 방음벽, 광고판의 내풍 효과를 분석하였으나, 인자별 설계요소 산출은 수행되지 않았다. Lee 등[10]은 옥외광고물 설계를 위한 표준하중을 산정하였다. 강풍으로 인한 옥외광고물의 파손 및 추락의 피해를 저감하기 위하여 설치 위치 주변의 풍환경 및 높이, 설치 위치 등을 고려한 내풍설계 기준을 제시하였다. 또한 비전문가들도 용이하게 적용할 수 있도록 정량적인 표준안을 제시하였다. 해당 연구에서는 기존의 내풍설계기준을 분석하여 옥외광고물에 적합한 설계요소를 선별하였으며, 전산유체역학 분석 및 풍동실험을 통한 설계요소 분석은 수행되지 않았다. Lee 등[11]의 연구에서는 도로교통표지판에 대한 설계풍속 기준인 「도로표지판관련규정집」과 「KBC2009 건축물설계기준」의 설계풍속을 비교하였다. 설치 지역의 특성 중 하나인 지표면조도를 비교 분석하였다. 해당 연구에서는 설계풍속의 일률적인 적용으로 인한 시설물의 과다설계 문제점을 제시하였다. 해당 연구는 본 논문과 표지판의 내풍설계기준을 개선하는 목적은 동일하나 해당 연구에서는 설계요소 중 지표면조도를 고려한 것으로 본 연구에서 다루고자하는 항력계수는 고려되지 않았다.

2. 분석 방법

본 연구에서는 설치 높이에 따른 도로표지판의 항력계수를 분석하기 위하여 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics, CFD) 분석을 수행하였으며 해석 프로그램은 Midas NFX를 사용하였다. 본 장에서는 연구에서 수행한 전산유체역학 분석의 조건과 분석 대상의 특징 등 분석 방법에 대하여 서술하였다.

2.1 분석 대상 도로표지 및 환경 정의

본 연구에서 수행한 전산유체역학 분석에서 적용한 도로표지판의 규격과 설치 모습은 Fig. 1과 같다. 분석 대상 도로표지는 가로 규격 B와 세로 규격 S를 가지며 본 연구에서는 실제 가장 높은 비율로 설치되는 3방향 지점

안내표지를 대상으로 하여 가로 규격 B는 5미터이며, 세로 규격 S은 2.5미터이다. 가로 규격과 세로 규격의 비율은 2의 값을 가진다. 3방향 지점안내표지의 규격은 「도로표지규칙」[12]에서 규정하고 있는 규격을 준용하였다.

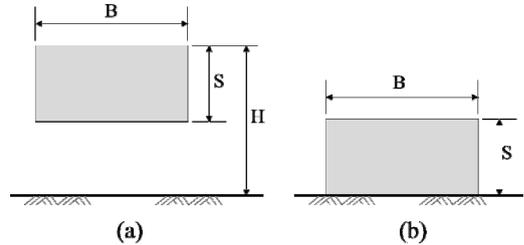


Fig. 1. Specification of road sign

전산유체역학 분석을 통하여 설치 높이별 도로표지의 풍속, 풍압 등 유체 거동의 특징을 분석하고자 하였다. 이를 위하여 본 연구의 전산유체역학 분석에서는 도로표지판 세로 규격인 S와 지면으로부터의 거리인 H의 비율인 틈새비(Clearance ratio, CR)를 매개변수로 설정하였다. 분석에서는 설치 높이에 따라 틈새비를 1.0, 0.7, 0.5, 0.3의 4가지로 구분하였다. 틈새비가 1인 경우에는 도로표지판 세로 규격과 설치 높이가 동일하여 도로표지판이 지면에 붙어 설치된 경우이다. 틈새비가 0.7인 경우는 도로표지판의 설치 높이가 3.5 미터로 지면으로부터 1 미터 떨어져 설치된 경우이다. 틈새비가 0.5인 경우는 도로표지판의 설치 높이가 5.0 미터로 지면으로부터 2.5 미터 떨어져 설치된 경우이며, 틈새비가 0.3인 경우는 도로표지판의 설치 높이가 8.0 미터로 지면으로부터 5.5 미터 떨어져 설치된 형식이다. 틈새비가 0.5 이상인 경우는 비교적 지면에 가깝게 설치되어 홀기동식이나 접기동식으로 설치되며, 틈새비가 0.3인 경우는 비교적 높이 설치되므로 편지식이나 문형식으로 설치되고 있다. 분석에서는 풍속을 10 m/s로 적용하였다. 풍속은 Na 등[13]의 연구에서 적용된 태풍사전방재모델의 동일한 풍속을 적용하였다.

2.2 전산유체역학 분석 조건

전산유체역학 분석을 수행하기 위해서는 유체를 적용하기 위한 가상의 풍하중 재하 영역이 필요하다. 이에 따라 Fig. 2와 같은 규격을 가지는 가상의 풍하중 재하 영역을 구축하였다. 풍하중 재하 영역은 표지판의 세로 규격 S를 기준으로 풍하중 재하 방향으로 15배의 길이를

가지며, 높이 방향은 10배의 규격을 갖는다. 또한 영역내 도로표지판의 위치는 풍하중 재하 입구에서 5S의 거리에 위치한다. 해당 가상의 풍하중 재하 영역의 규격은 Sung 등[14]의 연구에 의해 적합성 검증이 이루어졌다. 해당 연구에서는 실제 풍동실험과 전산유체역학 분석 결과를 비교하여 가상의 풍하중 재하 영역 규격의 적합성을 확인하였다.

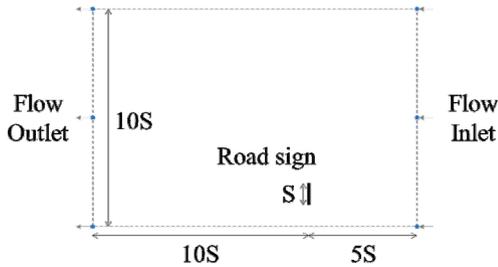


Fig. 2. Condition of computational fluid dynamics

전산유체역학 분석에서는 결과 값을 산출하기 위하여 유체 흐름과 관련된 지배 방정식의 해를 구해야 하며, 해당 지배 방정식은 Eq. (1)과 같다.

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla) u \right) = -\nabla p + \rho g + \mu \nabla^2 u \quad (1)$$

지배 방정식에서는 유체의 속도, 유체의 밀도, 압력, 중력가속도, 점성계수를 고려한다. 지배 방정식의 유체 조건은 비점성, 비압축성 유체로 적용하였다. 또한 본 연구에서의 전산유체역학 분석에서는 보편적인 해석방법인 레이놀즈 평균 나비에-스토크스 모델(RANS, Reynolds Averaged Navier-Stokes)을 적용하였다.

3. 전산유체역학 분석 결과

본 장에서는 수행한 전산유체역학 분석의 결과를 제시하였다. 설치 높이에 따른 도로표지판 주변의 유체 거동 특성 및 변화에 대하여 확인하기 위하여 풍속 분포도와 풍압 분포도를 작성하여 비교 분석하였다.

3.1 설치 높이에 따른 도로표지판의 풍속

전산유체역학 분석을 통하여 도로표지판 주변의 유체 거동 중 풍속에 대한 변화를 확인하였다. 앞 장에서 설정

한 매개변수인 설치 높이별 도로표지의 풍속 분포도는 Table 1과 같다. 공통적으로 표지판 후면은 바람 재하로 인하여 풍속이 0 m/s로 수렴하는 유동박리 현상이 발생하였다. 틸새비가 1인 경우, 표지판 후면의 유동박리 구역이 더 조밀한 것으로 나타났다. 도로표지판이 지면으로부터의 설치 높이가 증가하여 틸새비가 감소할수록 유동박리 구역이 길어져서 꼬리의 길이가 길게 형성되는 것으로 분석되었다. 또한 틸새비가 감소할수록 지면과 표지판 사이의 공간에서 풍속이 증가하여 표지판 하단에서 높은 속도의 유체가 발생하는 것으로 나타났다.

Table 1. Wind speed distribution by clearance ratio

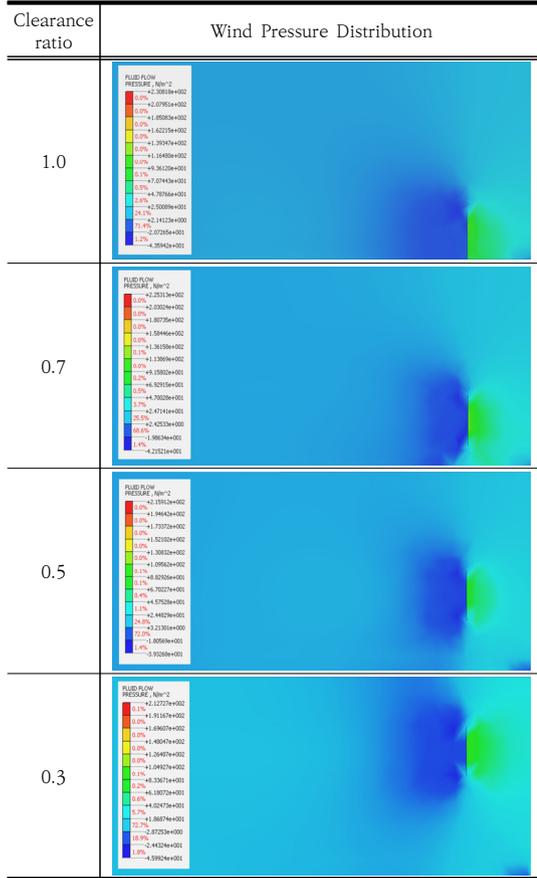
Clearance ratio	Wind Speed Distribution
1.0	
0.7	
0.5	
0.3	

3.2 설치 높이에 따른 도로표지판의 풍압

전산유체역학 분석을 통하여 도로표지판 주변의 풍압에 대한 변화를 확인하였다. 설치 높이별 도로표지의 풍압 분포도는 Table 2와 같다. 풍압 분포에 대한 분석 결과, 공통적으로 풍하중을 받는 표지판의 앞면에서는 정압(Positive pressure)이 발생하고 표지판의 후면에는

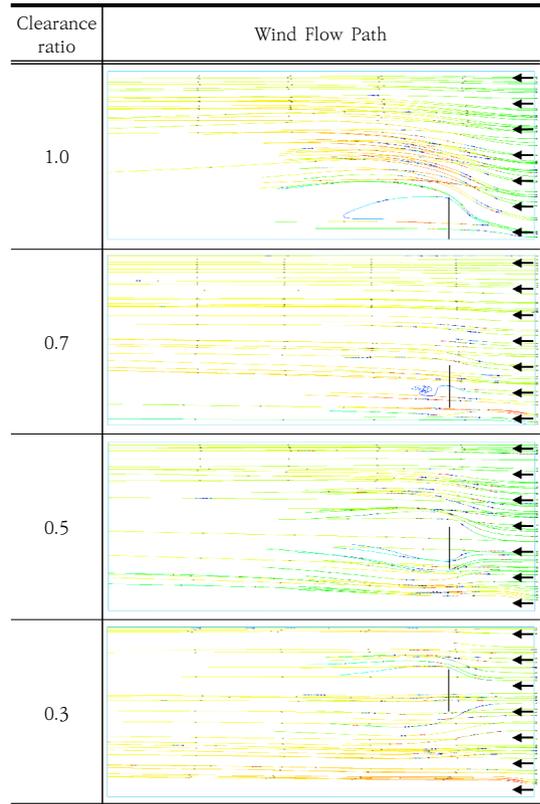
부압(Negative pressure)이 발생하여 표지판을 기준으로 색상 차이가 크게 발생하는 압력 경계 지점을 확인할 수 있다.

Table 2. Wind pressure distribution by clearance ratio



또한 도로표지의 틈새비가 감소하여 지면으로부터 설치 높이가 증가할수록 표지판을 기준으로 앞면과 후면의 풍압차가 크게 발생하여 풍압의 영역이 넓어지고 풍압의 크기가 커졌으나, 전반적으로 설치 높이별 도로표지판 주변의 풍압 분포는 유사한 수준으로 확인되었다. 연구에서는 추가적으로 바람 재하에 따른 도로표지판 주변의 기류 해석을 수행하였다. 설치 높이에 따른 도로표지판 주변의 기류 분포는 Table 3에 나타났다. 도로표지판이 지면에 설치된 경우는 상대적으로 표지판의 상단에서 풍속이 가장 빠르게 흐르는 현상을 나타냈다. 반면 틈새비가 가장 낮은 경우에서 표지판 하단의 풍속이 가장 빠른 기류로 나타났다.

Table 3. Wind flow path by clearance ratio



4. 설치 높이별 도로표지 항력계수 분석

전산유체역학 분석 결과를 바탕으로 설치 높이별 도로 표지판의 항력계수를 산출하였다. 도로표지판의 항력계수는 Bitog 등[15]의 연구에서 검증한 풍압을 이용한 항력계수 산출방식을 준용하였다. 풍하중을 받는 판의 앞면 전체에 대한 풍압과 판의 뒷면 전체에 대한 풍압의 비를 이용하여 항력계수를 나타냈다. 본 연구에서 산출한 설치 높이별 도로표지판의 항력계수는 Table 4와 같다. 틈새비가 1인 지면에 설치된 도로표지판의 항력계수는 현재 도로표지판의 항력계수 규정 값인 1.2와 유사한 값으로 도출되었다. 설치 높이가 증가하여 틈새비가 감소할수록 항력계수는 증가하는 것으로 나타났으며, 틈새비가 0.3인 경우 도로표지판의 항력계수는 1.42로 산출되었다. 또한 지면에 설치된 틈새비 1에서 지면으로부터 떨어져 설치한 틈새비 0.7의 사이에서 가장 큰 폭으로 도로표지판의 항력계수가 증가하는 것으로 나타났다. 더불어 표에서는 현재 도로표지판의 항력계수 규정 값인 1.2와 본 연구에

서 제안한 설치 높이별 도로표지판의 항력계수를 비교하였다. 현재 규정 값과 연구에서 제안한 설치 높이별 도로표지판의 항력계수의 비교는 Fig. 3에 나타났다.

Table 4. Drag coefficient by clearance ratio

Category	Drag Coefficient	Ratio Compared to Existing Regulations
Existing regulation	1.200	1.000
CR = 1.0	1.204	1.003
CR = 0.7	1.326	1.105
CR = 0.5	1.410	1.175
CR = 0.3	1.427	1.189

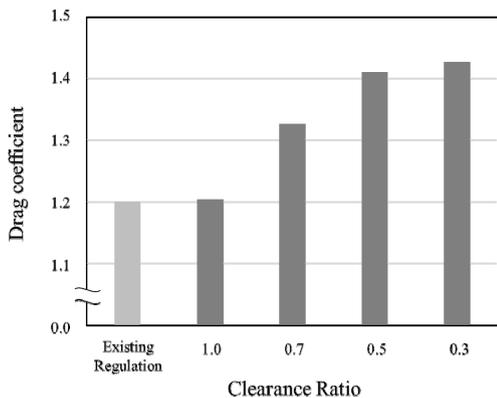


Fig. 3. Drag coefficient by clearance ratio

도로표지의 설치 높이와 도로표지판 항력계수와와의 상관관계를 분석하였다. 표지판 후면부 영역에서 도로표지판 세로 규격 S를 기준으로 높이와 길이의 2배가 되는 영역에 대한 유동박리 구역을 분석하였다. 도로표지판 후면부 영역에서의 유동박리 구역에 대한 분석은 Fig. 4와 같다. 유동박리란 풍속의 변화율이 0의 값에 수렴하여 유체가 대상물로부터 떨어지는 현상을 뜻한다. Babin 등 [16]은 연구를 통하여 유동박리 구역의 면적과 항력계수와의 관계는 검증하였으며, 유동박리 구역이 넓어질수록 항력계수가 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구의 전산 유체역학 분석을 통한 풍속 분포도로 살펴보면 틈새비가 1이며, 지면에 설치된 도로표지판의 경우 표지판 후면에 발생한 유동박리 구역의 면적 비율이 0.24로 나타났다. 틈새비가 0.7인 도로표지판의 유동박리 구역의 면적 비율은 0.27로 나타났으며, 틈새비가 0.5인 경우는 유동박리 구역의 면적 비율이 0.33으로 확인되었다. 그리고 매

개변수 중 설치 높이가 가장 높은 틈새비 0.3인 도로표지판에서는 유동박리 구역의 면적 비율이 0.42로 나타났다. 도로표지판의 설치 높이가 증가할수록 유동박리 구역의 면적 비율도 증가하였다. 이에 따라 지면으로부터 높이 설치되는 도로표지판의 항력계수가 증가하는 경향을 나타냈다. 이는 유동박리 구역의 면적과 항력계수와의 관계를 분석한 기존 연구와 본 연구에서 수행한 전산 유체역학 분석의 결과는 동일한 경향을 나타내는 것으로 분석되었다.

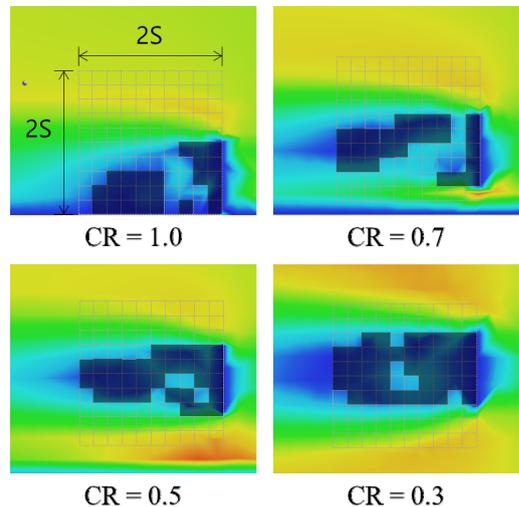


Fig. 4. Separation Region by clearance ratio

5. 결론

본 연구는 도로표지의 구조적 안전성 확보 측면에서 보다 정밀한 구조 설계가 가능하도록 설치 높이에 따른 정밀 항력계수를 산출하였다. 항력계수를 산출하기 위하여 연구에서는 전산유체역학 분석을 수행하였으며, 설치 높이를 달리한 4가지 유형에 대한 3방향표지를 대상으로 하였다. 전산유체역학 분석의 결과를 통하여 도로표지판 주변의 풍속, 풍압, 기류를 분석하였다. 풍속 분포도 분석 결과, 틈새비가 감소할수록 유동박리 구역의 면적이 증가하는 것으로 분석되었다. 또한 틈새비가 감소할수록 지면과 표지판 사이의 공간에서 높은 풍속이 발생하는 것으로 나타났다. 풍압 분포도 분석 결과, 설치 높이가 증가할수록 전후면의 풍압차가 크게 발생하나, 전반적으로 설치 높이별 도로표지판 풍압 분포는 유사한 것으로 나타났다. 도로표지판 전후면 풍압의 비율로 항력계수를

산출하였으며, 도로표지의 설치 높이와 도로표지판 항력계수와와의 상관관계를 분석하였다. 설치 높이가 증가하여 틈새비가 감소할수록 도로표지판의 항력계수는 증가하는 것으로 나타났다. 틈새비가 0.7인 경우, 지면에 설치된 도로표지판에 비하여 항력계수 값이 10.1% 증가한 것으로 나타났으며, 이는 기존 항력계수 설계기준 값보다 10.5% 높은 수준인 것으로 분석되었다. 틈새비가 0.5인 도로표지판은 지면에 설치된 도로표지판에 비하여 항력계수가 17.1% 높은 것으로 산출되었으며 기존 항력계수 설계기준 값에 비하여 17.5% 높은 것으로 나타났다. 또한 틈새비가 가장 높은 경우인 0.3에서는 지면에 설치된 도로표지판에 비하여 항력계수 값이 18.5% 증가한 것으로 나타났으며, 기존 항력계수 설계기준 값보다 18.9% 높은 것으로 산출되었다. 이는 설치 높이에 따른 도로표지판 후면에 발생하는 유동박리 구역에 따른 것으로 판단된다. 본 연구에서 제안한 설치 높이별 도로표지판의 항력계수를 적용하여 도로표지 시설물의 정밀 설계가 가능할 것이며, 기상기후에 대한 선제적 대응이 가능할 것으로 판단된다. 본 연구에서 제안한 설치 높이에 따른 도로표지판의 항력계수에 대하여 「도로표지규칙」 중 구조설계인자와 관련된 규정의 개정이 필요하다. 향후 다양한 풍속을 적용한 풍동실험 및 전산유체역학 분석 연구의 수행이 필요하며, 교량, 터널 등 다양한 설치 환경을 고려한 도로표지판의 전산유체역학 분석도 필요하다.

References

- [1] Korea Road Sign Guidance System [Internet]. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Available From: <https://roadsign.go.kr:8444> (accessed Nov. 16, 2023)
- [2] K. P. Cho, S. I. Hong and M. H. Kim, "Valuation of Wind Loads on Canopy of a Building", Journal of The Architectural Institute of Korea, Vol.25, No.7, pp.21-29, Jul. 2009.
- [3] Y. C. Ha, J. H. Park and S. K. Hwang, "Characteristics of Mean Wind Pressure Distribution on Rectangular Buildings with Various Heights and Side Ratios", Journal of The Architectural Institute of Korea, Vol.25, No.4, pp.69-76, Jul. 2009.
- [4] S. H. Jung, J. W. Lee, S. Y. Lee, H. W. Lee, "Analysis of Wind Velocity Profile for Calculation of Wind Pressure on Greenhouse", Protected Horticulture and Plant Factory, Vol.24, No.3, pp.135-146, Sep. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.12791/KSBEC.2015.24.3.135>
- [5] S. D. Kim, M. K. Kim, S. Viriyabudh, W. Y. Jung, "Evaluation of the Compound wind Fragility of Outdoor Sign Structures Considering Floor's Height", KSCE 2018 Convention, pp.539-540, Oct. 2018.
- [6] W. H. Jeon, K. K. Lee, T. G. Lim, Y. H. Kang, H. G. Kim, "Large Eddy Simulation of Wind Flow around Solar Panels", Journal of the Wind Engineering Institute of Korea, Vol.20, No.4, pp.187-193, Jun. 2020.
- [7] S. S. Lee, K. K. Hwang, J. H. Lim, Y. S. Ji, "Numerical Analysis on Wind Resistance Performances of Ventilating Soundproof Wall", Journal of the Wind Engineering Institute of Korea, Vol.20, No.3, pp.151-157, Sep. 2016.
- [8] J. H. Hong, "A Study on the Deformation Characteristics of the Roof Signboard Size in Wind Pressure Formation", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.20, No.1, pp.401-408, Jan. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.1.401>
- [9] J. G. Choi, C. Y. Lee, "An Empirical Study of Soundproof wall with Reduced Wind Load", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol.19, No.12, pp.272-278, Dec. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.12.272>
- [10] S. S. Lee, J. Y. Kim, H. J. Ham, J. Y. Kim, "Estimation of Standard Load for Disaster-Resistant Design of Outdoor Signboards", Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea, Vol.29, No.2, pp.131-140, Feb. 2016. DOI: <https://doi.org/10.7734/COSEIK.2016.29.2.131>
- [11] H. G. Lee, S. H. Choi, "Comparison of the design wind speed road traffic signs", KSCE 2014 Convention, pp.603-604, Oct 2014.
- [12] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Road Sign Standard".
- [13] H. K. Sung, K. S. Chong, W. S. Chung, "Influence of Porosity on Drag Coefficient of Perforated Road Sign", *Appl. Sci.*, Vol.13, No.1, Dec. 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13010502>
- [14] H. N. Na, W. S. Jung, "Assessment of the Suitability of the Typhoon Disaster Prevention Model according to the Typhoon Maximum Wind Speed Radius and Surface Roughness Length", Journal of Korean Society for Atmospheric Environment, Vol.35, No.2, pp.172-183, Apr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.5572/KOSAE.2019.35.2.172>
- [15] J. P. Bitog, I. B. Lee, H. S. Hwang, M. H. Shin, S. W. Hong, I. H. Seo, E. Mostafa, and Z. Pang, "A wind tunnel study on aerodynamic porosity and windbreak drag", Journal of Forest Science and Technology", Vol.7, No.1, pp.8-16, Mar. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1080/21580103.2011.559939>
- [16] T. Babin, N. Sangeetha, and D. P. Sudalaiyandi, "Reducing the drag resistance of automotive cars by diminishing the wake separation zone", International Conference on Sustainable Engineering and Technolgy (ICONSET 2018), Karnataka, India, 19-20, Apr. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5079037>

성 홍 기(Hong Ki Sung)

[정회원]



- 2012년 2월 : 경희대학교 사회기반시스템공학과 (공학사)
- 2014년 2월 : 경희대학교 사회기반시스템공학과 (공학석사)
- 2023년 2월 : 경희대학교 사회기반시스템공학과 (공학박사)
- 2014년 9월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 전임연구원

〈관심분야〉

토목공학, 구조공학, 공간정보