

계측 유형별 풍속 데이터 분석을 통한 도로표지의 안정성 확보 방안에 관한 연구

성홍기, 정규수*
한국건설기술연구원

An Study on Securing the Stability of Road Sign through Analysis of wind data according to types of measurement

Hongki Sung, Kyusoo Chong*

Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요 약 최근 안전에 대한 관심이 크게 높아지고 있으며, 도로 교통 분야에서도 안전의 필요성이 대두되고 있다. 이에 따라 도로 교통 분야의 안전성 제고를 위하여 도로 시설물의 객관적인 안정성 평가가 필요하며, 자연재해 대비를 목적으로 도로 시설물의 피해 저감이 가능한 기술 적용이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 계측 유형별 풍속 데이터와 이를 적용한 도로표지의 구조 안전성을 비교 분석하여 기상 계측 유형의 시설물 안전성 평가에 대한 영향을 분석하였다. 더불어 도로표지의 안정성 확보 방안을 도출하였으며, 도출한 안정성 확보 방안 중 풍하중 저감 기술에 대한 효과를 분석하였다. 계측 유형별 풍속 데이터 분석 결과, 기상관측차량시스템의 풍속 데이터는 기상청과 도로기상정보시스템의 풍속 데이터에 비하여 약 2.43 배로 크게 나타났다. 또한 기상관측차량시스템의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 안정성 검토를 통하여 돌풍으로 인한 도로표지의 파괴 및 전도의 가능성이 있는 것으로 분석되며, 안정성 확보 방안 마련이 필요한 것으로 판단된다. 도로 선형 단위의 기상 데이터를 활용하여 도로 시설물의 객관적인 안정성 분석과 모니터링이 가능할 것으로 판단되며, 풍하중 저감 기술 적용을 통하여 도로 안전도의 제고가 기대된다.

Abstract Recently, interest in safety has been increasing in every area, especially in the field of transportation. The accurate evaluation of the stability of road facilities is needed to improve the level of safety in the field of transportation and the application of new technologies is required to reduce the number of natural disasters. In this study, the wind data were compared and analyzed according to the type of measurement, and an evaluation of the stability of road signs using the wind data was conducted. In addition, a stability plan to secure road signs was elaborated and its effect on the wind load was analyzed. It was found that the wind data measured by a mobile atmospheric observing system (MAOS) was 2.43 times bigger than that measured by the Korea meteorological administration (KMA) and road weather information system (RWIS). In terms of their stability, the road signs were susceptible to failure caused by gusty winds and it was found necessary to ensure their stability. In the future, it will be possible to evaluate the stability of road facilities using road line weather data and the application of wind load reduction technologies is expected to improve road safety.

Keywords : Maximum Stress, Mobile Atmospheric Observing System, Road Weather Information System, Wind Speed Data, Wind Load Reduction Technology

본 논문은 한국건설기술연구원 주요사업(빅데이터 기반의 주행환경 예측 플랫폼 개발) 연구비지원에 의해 수행되었음.

*Corresponding Author : Kyusoo Chong(Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology)

Tel: +82-31-910-0685 email: sunghongki@kict.re.kr

Received November 25, 2016

Revised (1st January 26, 2017, 2nd February 2, 2017)

Accepted February 3, 2017

Published February 28, 2017

1. 서론

최근 각종 안전사고로 인하여 안전 의식 제고에 대한 관심이 크게 높아지고 있으며, 도로 교통 분야에서도 안전과 관련된 정책의 필요성이 대두됨에 따라 정부 및 각 부처에서는 국민의 행복 증진과 OCED 수준의 교통안전 확보를 목표로 교통 안전 선진화를 추진하고 있다[1]. 또한, 자연재해로 인한 안전사고 발생률이 증가하고 있으며, 이로 인한 사회적 손실도 점차 증가하고 있다[2]. 이에 반해 도로 시설물은 지역적 환경 및 돌풍 등의 이상 기후에 대한 고려를 하지 않으며 일률적인 설계조건을 적용하는 설계 및 제작이 이루어지고 있다[3]. 이에 따라 이상기후 등의 자연재해에 대비하고 도로 교통 분야의 안전성 제고를 위하여 도로 시설물의 객관적인 안정성 평가와 도로 시설물의 안정성 확보 방안 도출이 필요하다.

본 연구에서는 보다 객관적인 도로 시설물의 안정성을 평가하기 위하여 계측 유형별 풍속 데이터를 비교 분석하였으며, 각 계측 유형별 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 구조 안정성 검토를 수행하였다. 이를 통해 계측 유형별 기상 데이터의 도로표지 안정성 평가에 대한 차이점과 영향을 분석하였다. 더불어, 계측 유형별 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 안정성 평가 결과에 따른 도로표지의 안정성 확보 방안을 도출하여, 풍하중 저감 기술의 안정성을 검증하였다.

2. 관련 기술 및 연구 동향 분석

본 절에서는 국내 기상 데이터 관측 기술, 도로 시설물 안전성 평가 동향과 도로 시설물의 피해 저감 기술에 대한 동향 분석을 수행하였다. 더불어 관련 연구 동향 분석을 통하여 본 연구의 계측 유형별 기상 데이터 및 도로표지의 풍해 저감 기술의 적용 방향 등의 차별성을 제시하였다.

2.1 국내 기상 데이터 관측 기술 동향

국내의 기상 데이터는 기상청(KMA, Korea Meteorological Administration) 및 사설 기상 정보 제공 시스템을 통하여 시간 또는 일(hour/day) 단위의 데이터로 제공되고 있다. 기상청에서 제공하는 기상 데이터는 고정 관측망을 통한 계측 값으로 도/시/구/동 등의 행정

구역 단위별로 동일한 정보를 제공하고 있다. 집중호우, 폭설, 강풍 등과 같은 재해기상 현상은 국지적으로 발생하므로, 기존의 고정 관측망으로는 이를 관측하고 예측하는 것이 매우 어렵다[4]. 이와 같은 이유로 다양한 분야에서 면적 단위 기상 데이터의 단점을 보완하기 위하여 실시간 도로 선형 단위의 기상 데이터 계측이 가능한 기술 및 시스템 개발이 진행되고 있다.

국내 일부 지방국토관리청에서는 도로 선형 단위의 기상 데이터 계측을 위하여 도로기상정보시스템(RWIS : Road Weather Information System)을 구축 운영하고 있다. 도로기상정보시스템은 도로변에서 설치된 검지기로 부터 기상 데이터를 수집하는 방식으로 도로노면 및 대기상태의 실시간 모니터링이 가능한 장점이 있다. 이를 이용한 도로 기상 분석 및 교통상황 예측 연구는 이미 활발히 진행되고 있다. 반면 도로기상정보시스템은 설치 비용이 상대적으로 고가이며, 일부 구간에 한하여 설치되어 있어 사용자가 원하는 구간의 기상 데이터 수집이 불가능한 단점이 있다[5].

국립기상연구소 재해기상센터에서는 기온, 기압, 풍향, 풍속, 습도 등의 측정이 가능한 이동식 기상관측차량 시스템(MAOS : Mobile Atmospheric Observing System)을 개발하였으며, 관측 장비의 최적화 연구가 진행되고 있다. 기상관측차량장비는 노면상태에 영향을 미치는 온도, 습도, 대기압, 풍향, 풍속, 강수량 등 기상 데이터를 실시간으로 제공할 수 있는 시스템이다[6]. 기상관측차량시스템을 통하여 사용자가 원하는 구간의 실시간 기상 데이터 수집이 가능하며, 이를 활용한 교통상황 예측 및 도로시설물 안정성 평가 등의 효율적인 분석이 가능할 것으로 판단된다.

2.2 도로 시설물 설계 및 안정성 평가 동향

중앙정부, 지자체, 공공기관 등에서는 각종 인프라의 안정성 확보를 위하여 GIS기반의 국토정보센터, 국토해양재난정보시스템, 영상정보시스템 등을 구축하여 실시간 자연재해 분석을 수행하고 있다. 또한 10분 간격으로 관측된 풍속 데이터를 활용하여 송전철탑의 실시간 안정성 및 재해고장의 분석이 가능한 시스템을 구축 운영 중에 있다[7]. 그러나 이들은 기상청의 고정 관측을 통한 기상 데이터를 활용한 것으로 보다 객관적인 도로 선형 단위의 기상 데이터 활용이 필요하다. 또한 국내에서는 교량, 도로 및 도로 시설물은 안정성 확보 및 유지관리를

위하여 시설물유지관리시스템을 개발 활용하고 있다. 도로 시설물의 유지관리시스템에서는 일상점검, 정기점검 등의 결과로 얻어진 외관상태평가등급을 이용하여 시설물의 안전등급을 산정하고 있다. 외관상태평가에 의하여 시설물의 안전등급을 산정하는 경우, 구조물의 실제 안정성에 대한 고려가 어려운 단점이 있다[8]. 도로 안전을 제고하고 안전을 고려한 도로 사업을 체계적으로 추진하기 위해서는 도로 시설물의 안전도를 과학적으로 분석할 수 있는 평가 방법 및 시스템 개발이 필요하다.

2.3 도로시설물 피해 저감 관련 기술 동향

풍하중에 지배적인 영향을 받는 도로표지의 풍해 저감을 위하여 국내·외에서 다양한 연구가 진행되고 있으며, 신기술이 개발되고 있다. 한국건설기술연구원에서는 ‘경량화 도로표지 기술개발 및 실용화’를 통하여 다양한 간격의 천공을 갖는 도로표지판의 시인성 및 판독성 시험을 수행하였으며, 유공형 표지판의 최적 천공 간격을 도출하였다[9]. 또한 임세미 외 3명(2011)의 연구에서는 여러 형상의 천공에 따른 유공형 도로전광표지의 공기저항 저감 효과 분석 연구가 수행되었으며, 장공을 가진 도로전광표지의 공기저항 저감 효과가 가장 뛰어난 것으로 분석되었다[10]. 국외에서는 A. Giannoulis와 C. W. Letchford에 의하여 유공형 표지판의 항력계수에 대한 연구가 수행되었으며, 공극률에 따른 항력계수 변화 및 감소효과를 분석하였다[11,12].

2.4 관련 연구 동향 분석 및 차별성

손용춘 외 2명(2009)의 연구에서는 내민식 도로전광표지판(VMS)의 내풍 성능 향상을 위하여 최적의 보강재 설치 방안을 제시하였으며, 풍동실험을 통한 도로전광표지판의 안정성을 검토한 결과, 구조해석에 의한 변위보다 큰 값으로 측정되어 구조적 안전성이 부족한 것으로 분석되었다[13]. 김동현 외 2명(2009)의 연구에서는 태풍에 의한 풍속의 변동성과 구조변수의 확률적 변동성을 고려하여 고속도로 시설물 중 도로표지와 방음벽의 내풍 위험도 해석을 수행하였다. 방음벽은 구조 설계시 돌풍을 고려하지 않아 도로표지에 비하여 풍하중에 취약한 것으로 분석되었다[14]. 국토교통부(2014)의 ‘도로표지의 구조 및 제작 방식 등에 관한 연구’에서는 도로표지 설계 시 지역 및 환경에 구분 없이 일률적으로 적용하고 있는 도로표지규칙의 설계풍속 40m/s에 대한

적정성 검토가 수행되었다. 이를 위하여 1980년부터 2010년까지 30년 기간의 기상청 풍속 데이터를 분석한 결과, 기존의 설계풍속인 40m/s를 상회하는 부분이 발생하는 것으로 나타났으며 이에 따라 도로표지의 구조적 안정성 확보를 위한 설계 방법 및 도로표지규칙의 설계풍속에 대한 보완 수정이 필요한 것으로 분석되었다.

기존 연구에서는 일률적으로 40m/s의 설계풍속 혹은 기상청의 고정 관측 자료를 적용하여 도로시설물의 안정성을 분석하였다. 이에 반해 본 연구에서는 고정관측 자료가 아닌 보다 객관적이고 정확한 도로 선형별 기상 데이터를 활용하여 도로시설물의 실질적인 안정성을 검토하고자 하였다. 또한, 기존 연구에서는 도로시설물의 풍하중 저감 기술을 제안하고 그 효과를 분석하는데 그쳤으나, 본 연구에서는 ‘유공형 도로표지’ 풍하중 저감 기술을 제안하고, 기상 조건별 풍하중 저감 효과를 분석하여 효율적으로 제안 기술을 적용할 수 있는 방안을 도출하였다.

3. 계측 유형별 풍속 데이터의 비교 분석 및 도로표지의 안정성 검토

본 연구에서는 계측 유형별 풍속 데이터의 차이점을 분석하고자 기상청, 도로기상정보시스템, 기상관측차량시스템의 풍속 데이터를 비교 분석하였으며, 각 계측 유형별 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 구조 안정성 검토를 통하여 계측 유형에 따른 차이점과 영향을 분석하였다.

3.1 계측 유형별 풍속 데이터의 분석

계측 유형별 풍속 데이터의 비교 분석을 위하여 동일한 시간대의 강원지방기상청 관측점인 북강릉(104)의 풍속 데이터와 원주지방국토관리청 도로기상정보시스템의 풍속 데이터, 그리고 국립기상과학원 재해기상연구센터에서 운용 중인 기상관측차량시스템의 풍속 데이터를 활용하였다. 강원지방기상청의 풍속 데이터는 고정관측점에서 측정된 데이터로서 10분 단위의 데이터이며, 도로기상정보시스템의 풍속 데이터는 도로변의 고정관측점에서 측정된 10초 단위의 데이터이다. 기상관측차량시스템의 풍속 데이터는 기상 계측 시스템이 구축된 차량으로 도로 주행 시 측정된 1초 단위의 데이터로서 본

연구에서는 ‘재해기상연구센터 설립·운영(4)’ 보고서에 수록된 자료를 활용하였다.

3.2 계측 유형별 풍속 데이터를 적용한 도로 표지의 구조 안정성 분석

각 계측 유형별 풍속 데이터의 도로 시설물 안정성 평가에 대한 영향을 분석하기 위하여 기상청, 도로기상정보시스템, 기상관측차량시스템의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 최대응력을 산출하여 비교 분석하였다. 도로표지의 안정성 검토를 위하여 적용한 대상은 편지식 3방향표지(403-1)로 제원 및 규격은 <Table 1>과 같으며, 도로표지의 최대응력은 도로표지규칙의 부록인 ‘지주의 구조계산’의 허용응력설계법을 적용하여 산출하였다.

Table 1. Specification of road sign in stability evaluation

Division	Specification
Type	Vertical Road Sign (403-1)
Road Sign Board	4450mm × 2200mm
Post	Φ355.6mm × t7.9mm
Horizontal Bar	Φ216.3mm × t5.8mm

4. 분석 결과 및 고찰

4.1 계측 유형별 풍속 데이터의 비교 분석

4.1.1 도로기상정보시스템과 기상청의 풍속 데이터 비교 분석

동일한 시간대의 도로기상정보시스템과 기상청의 풍속 데이터를 비교 분석한 결과, 도로기상정보시스템의 풍속 데이터는 최대 7.0m/s, 최소 1.70m/s, 평균 4.63m/s로 나타났으며, 기상청의 풍속 데이터는 최대 5.60m/s, 최소 3.40m/s, 평균 4.56m/s로 나타났다. 두 풍속 데이터를 비교한 그림은 <Fig. 1>과 같다. 도로기상정보시스템의 풍속 데이터는 기상청의 풍속 데이터에 비하여 최대 1.81배, 최소 0.32배 차이가 나타나는 것으로 분석되었으며, 차이 평균값은 약 1.01배로 유사한 수준으로 분석되었다.

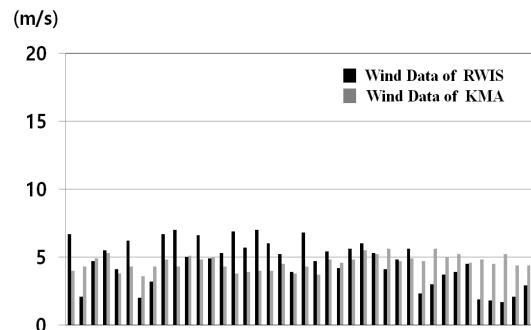


Fig. 1. Wind data of Road Weather Information System and Korea Meteorological Administration

4.1.2 기상관측차량시스템과 기상청의 풍속 데이터 비교 분석

동일한 시간대의 기상관측차량시스템과 기상청의 풍속 데이터를 비교 분석한 결과, 기상관측차량시스템의 풍속은 최대 42.2m/s, 최소 1.4m/s, 평균 11.08m/s로 나타났으며, 두 풍속 데이터를 비교한 그림은 <Fig. 2>과 같다. 기상관측차량시스템의 풍속 데이터는 기상청 풍속 데이터에 비하여 최대 9.38배, 최소 0.58배 차이가 나타나는 것으로 분석되었으며, 평균값은 약 2.43배로 큰 차이를 나타냈다. 또한 기상관측차량시스템의 풍속 데이터는 <Fig. 2>에 붉은 실선으로 표시된 도로표지의 설계풍속인 40m/s를 상회하는 수준의 관측 값이 다수 측정된 것으로 나타났으며, 이는 지역적 관측 환경과 순간 돌풍에 의한 것으로 판단된다. 설계풍속 동일 시간대의 기상청, 도로기상정보시스템, 기상관측차량시스템의 풍속 데이터 비교는 <Table 2>와 같다.

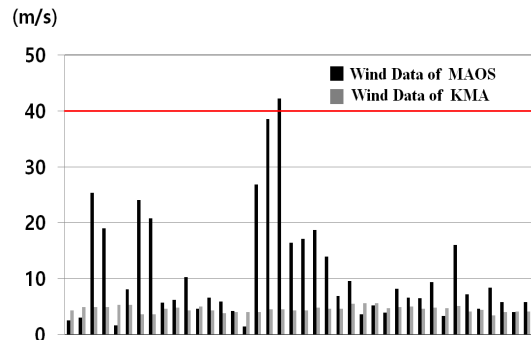


Fig. 2. Wind data of Mobile Atmospheric Observing System and Korea Meteorological Administration

Table 2. Wind data according to types of measurement

Division	Road Weather Information System	Korea Meteorological Administration	Mobile Atmospheric Observing System
Maximum (m/s)	7.00	5.60	42.2
Minimum (m/s)	1.70	3.40	1.40
Average (m/s)	4.63	4.56	11.08

Source : Establishment and Operation of High Impact Weather Research Center(IV), Korea Meteorological Administration Homepage

4.2 계측 유형별 풍속을 적용한 도로표지의 안정성 검토 결과

4.2.1 도로기상정보시스템과 기상청의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 안정성 검토

도로기상정보시스템과 기상청의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 안정성 검토 결과, 도로기상정보시스템의 풍속을 적용한 도로표지의 최대응력은 최대 23.88MPa, 최소 23.11MPa, 평균 23.35MPa로 나타났으며, 기상청의 풍속을 적용한 도로표지의 최대응력은 최대 23.41MPa, 최소 23.17MPa, 평균 23.25MPa로 나타났다. 두 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 최대응력 비교는 <Fig. 3>과 같다. 도로기상정보시스템의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 최대응력은 기상청의 풍속 데이터를 적용한 결과 값에 비하여 최대 1.03배, 최소 0.98배 차이를 보이며 유사한 수준으로 분석되었다. 이를 통하여 상대적으로 낮은 풍속에서의 풍속 차이 값은 도로표지 최대응력의 차이 값에 영향을 미치지 않은 것으로 분석된다.

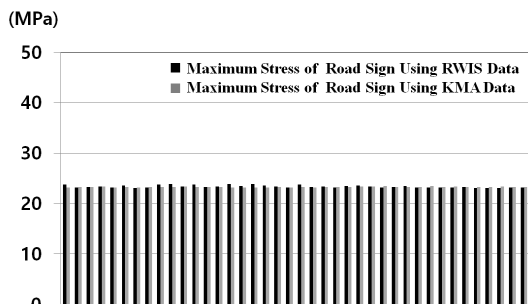


Fig. 3. Maximum stress of road sign using Road Weather Information System and Korea Meteorological Administration wind data

4.2.2 기상관측차량시스템과 기상청의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 안정성 검토

기상관측차량시스템과 기상청의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 최대응력 비교 결과, 기상관측차량시스템의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 최대응력은 최대 213.12MPa, 최소 23.10MPa, 평균 40.58MPa로 나타났으며, 기상청의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 최대응력과의 비교 결과는 <Table 3>, <Fig. 4>와 같다. 기상관측차량시스템의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 최대응력은 기상청의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 최대응력에 비하여 최대 9.17배, 최소 0.98배, 평균 약 1.75배 차이를 나타내는 것으로 분석되었다. 이를 통하여 높은 풍속에서의 풍속 차이 값은 낮은 풍속에서의 차이 값에 비하여 도로표지 최대응력의 차이 값에 영향을 크게 미치는 것으로 분석된다. 또한, 기상관측차량시스템의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 최대응력 중 최대값은 <Fig. 4>에 붉은 실선으로 표시된 도로표지의 허용응력인 235MPa에 비해 약 0.91배에 달하는 것으로 분석되었다. 이를 통하여 돌풍으로 인한 도로표지의 파괴 및 전도의 가능성이 있는 것으로 분석되며, 돌풍 및 이상기후에 대비하여 도로표지의 안정성 확보 방안의 마련이 필요한 것으로 판단된다.

Table 3. Maximum stress of road sign according to types of measurement

Division	Road Weather Information System	Korea Meteorological Administration	Mobile Atmospheric Observing System
Maximum (m/s)	23.88	23.41	213.12
Minimum (m/s)	23.11	23.17	23.10
Average (m/s)	23.35	23.25	40.58

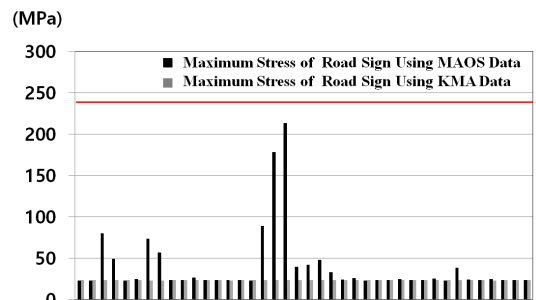


Fig. 4. Maximum stress of road sign using Mobile Atmospheric Observing System and Korea Meteorological Administration wind data

5. 도로표지의 안정성 확보 방안 및 효과 분석

5.1 도로표지의 안정성 확보 방안 도출

본 절에서는 계측 유형별 풍속 데이터 분석 및 도로표지의 안정성 분석 결과를 토대로 도로표지의 안정성 확보 방안을 도출하였다. 도출한 도로표지의 안정성 확보 방안은 크게 두 가지로 구분된다. 첫 번째 도로표지의 안정성 확보 방안으로는 도로표지의 설계 시 적용되는 일률적인 설계풍속을 대신하여 지역적 환경을 고려하고 돌풍 및 강풍의 반응이 가능한 설계풍속에 대한 규정 개선 방안이다. 이 방안은 도로표지의 직접적인 구조 안정성 확보는 개선 가능하나, 도로표지의 과대설치 및 이로 인한 비경제적인 단점이 있을 것으로 예상된다. 두 번째 도로표지의 안정성 확보 방안으로는 풍하중 저감 효과가 있는 도로표지 기술을 적용하는 방안이다. 각종 연구와 기술 개발을 통하여 다양한 도로표지의 풍하중 저감 기술이 개발되었으며, 이는 설치 환경에 따라 적합한 기술을 선택적으로 적용할 수 있으며, 제작 및 설치 시의 경제적 장점도 있다.

5.2 도로표지 풍하중 저감 기술의 효과 분석

본 연구에서는 도로표지의 안정성 확보 방안 중 풍하중 저감 기술의 적용에 대한 효과를 분석하였다. 도로표지의 풍하중 저감 기술 중 판독성을 유지하며 일정한 간격의 천공을 갖는 유공형 도로표지에 대한 구조 안정성 검토를 수행하였다. 구조 안정성 검토를 수행한 유공형 도로표지의 제원은 <Table 4>와 같으며, 그 외 도로표지의 형식과 제원은 <Table 1>과 같다. 구조 안정성 검토는 기상관측차량시스템의 풍속 데이터를 적용하였다.

유공형 도로표지의 구조 안정성 검토 결과, 기존 도로표지에 비하여 최대응력 감소는 최대 17.03%, 최소 3.49%, 평균 7.15%의 효과가 있는 것으로 분석되었으며, <Table 5>, <Fig. 5>와 같다.

Table 4. Specification of porous road sign

Division	Specification
Road Sign Board	4450mm × 2200mm
Diameter of hole	6 mm
Distance of hole	18 mm
porosity	8.7 %

Table 5. Maximum stress of porous road sign and general road sign

Division	General Road Sign	Porous Road Sign	Reduction of Max. Stress
Maximum (m/s)	213.12	182.10	17.03 %
Minimum (m/s)	23.10	22.33	3.49 %
Average (m/s)	40.58	36.74	7.15 %

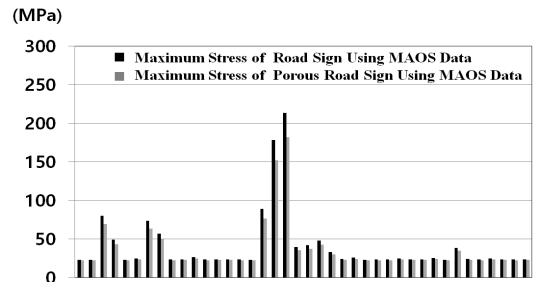


Fig. 5. Maximum stress of porous road sign and general road sign

더불어 풍속에 따른 유공형 도로표지의 최대응력 감소 효과를 분석하였으며 결과는 <Fig. 6>과 같다. 분석 결과, 15m/s 이하의 풍속에서는 유공형 도로표지의 최대응력 감소 효과가 약 3.0~5.0%로 크지 않은 것으로 나타났다. 15m/s 이상의 풍속에서는 약 10.0% 이상의 최대응력 감소 효과를 나타내며 큰 폭의 증가를 나타냈다. 도로표지의 설계풍속인 40m/s의 풍속에서는 약 17.0%의 최대응력 감소 효과가 있는 것으로 분석되었다. 이를 바탕으로 15m/s 이상의 돌풍 및 태풍 등의 이상기후가 지속적으로 발생하며 관측되는 지역에서는 유공형 도로표지의 설치가 필요하며 도로표지의 최대응력 감소 효과도 크게 나타날 것으로 판단된다.

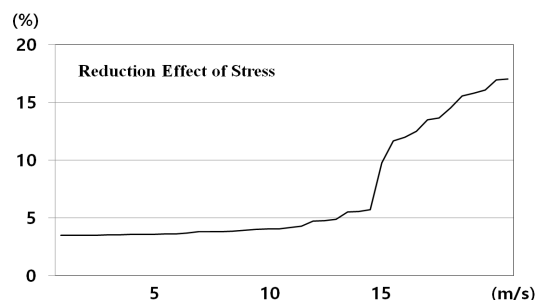


Fig. 6. Reduction effect of maximum stress of porous road sign

6. 결 론

본 연구에서는 계측 유형별 풍속 데이터를 비교 분석하였으며, 각 계측 유형별 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 구조 안정성 평가를 수행하였다. 더불어 도로표지의 안정성 확보 방안을 도출하였으며, 도출한 안정성 확보 방안 중 풍하중 저감 기술에 대한 효과를 분석하였다.

도로기상정보시스템의 풍속 데이터는 기상청의 풍속 데이터에 비하여 약 1.01배로 유사한 수준으로 나타났으며, 기상관측차량시스템의 풍속 데이터는 기상청 풍속 데이터에 비하여 약 2.43배로 큰 차이를 나타냈다. 이는 초단위 및 도로 선형 단위의 관측에 따른 순간 돌풍과 지역적 환경에 의한 차이로 분석된다. 다른 기상 변수들에 비하여 풍속은 환경적 지역적 영향을 많이 받으므로 도로 시설물의 안정성 평가는 도로 선형 단위의 기상 데이터를 적용하는 것이 합리적인 것으로 판단된다.

또한 상대적으로 높은 풍속에서의 풍속 차이 값은 낮은 풍속에서의 차이 값에 비하여 도로표지 최대응력의 차이 값에 영향을 크게 미치는 것으로 분석된다. 또한, 기상관측차량시스템의 풍속 데이터를 적용한 도로표지의 안정성 검토를 통하여 돌풍으로 인한 도로표지의 파괴 및 전도의 가능성이 있는 것으로 분석되며, 돌풍 및 이상기후에 대비하여 도로표지의 안정성 확보 방안의 마련이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 도로표지의 안정성 확보 방안으로 지역적 환경 및 돌풍을 반영한 설계풍속의 규정 개정과 풍하중 저감 기술의 적용을 제시하였으며, 이 중 풍하중 저감 기술의 효과를 분석하였다.

풍하중 저감 기술인 유공형 도로표지는 15m/s 이상의 풍속에서 약 10.0% 이상의 최대응력 감소 효과를 나타냈다. 이에 따라 15m/s 이상의 돌풍이 지속적으로 관측되는 지역에서는 유공형 도로표지의 설치가 필요하며 도로표지의 최대응력 감소 효과도 크게 나타날 것으로 판단된다.

이상기후 및 자연재해에 따른 도로 시설물의 안전 제고를 위하여 도로 선형 단위의 기상 데이터를 활용하여 도로 시설물의 객관적인 안정성 분석과 모니터링이 가능할 것으로 판단되며, 유공형 도로표지 등의 피해 저감 기술 적용을 통하여 도로 시설물의 안정성 확보 및 국민의 안전에 대한 요구 충족이 가능할 것으로 기대된다.

Reference

- [1] J. K. Kim., Y. J. Son. "Introduction Methods of Road Safety Analysis for National living Safety", Korea Research Institute For Human Settlements Brief, pp. 1-8, 2013.
- [2] S. S. Lee., H. N. Kwon., K. Y. Kim., J. H. Kim, K. C. Jung. "Development of Regional Wind Risk Index", Conference on Korean Society of Civil Engineers, pp. 211-212, 2014.
- [3] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "Study on structure and production method of road sign", 2014.
- [4] National Institute of Meteorological Sciences, "Establishment and Operation of High Impact Weather Research Center(II)", 2012.
- [5] E. B. Jung., C. Oh., S. M. Hong. "Prediction of Speed by Rain Intensity using Road Weather Information System and Vehicle Detection System data", *The journal of the Korea institute of intelligent transport systems*, vol. 12, no. 4, pp. 45-55, 2013.
- [6] National Institute of Meteorological Sciences, "Establishment and Operation of High Impact Weather Research Center(IV)", 2014.
- [7] Y. S. An. "Real-time Natural Disaster Failure Analysis Information System Development using GIS Environment", *Journal of Digital Contents Society*, vol. 10, no. 4, pp. 639-648, 2009.
- [8] T. H. Kim., M. B. Seo., S. J. Kim. "A Study on the Facilities Maintenance Information Composition and Practical Use of Advanced Technology", *Conference on Korea Information Science Society*, pp. 25-27, 2015.
- [9] Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, "Development and Commercialization of Lightweight Road Sign", 2015.
- [10] S. M. Lim., D. Y. Song., K. W. Park., J. S. Park. "A Study for Aerodynamic Drag Reduction on Variable Message Sign using Flow Analysis", *The journal of the Korea institute of intelligent transport systems*, vol. 10, no. 6, pp. 140-146, 2011.
- [11] A. Giannoulis., T. Stathopoulos., D. Briassoulis., A. Mistriotis. "Wind Loading on Vertical Panels with Different Permeabilities", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 107-108, pp. 1-16, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2012.02.014>
- [12] C.W. Letchford. "Wind Loads on Rectangular Signboards and Hoardings", *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, vol. 89, no. 2, pp. 135-151, 2001.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-6105\(00\)00068-4](https://doi.org/10.1016/S0167-6105(00)00068-4)
- [13] Y. C. Son., J. G. Lim., K. A. Yu. "A study on improvement of wind-resistance characteristics of the structure supporting for variable message sign board", *Conference on The Wind Engineering Institute of Korea*, pp. 199-204, 2008.
- [14] D. H. Kim., I. K. Lee., B. W. Jo. "Wind Induced Risk Analysis of Highway Facilities", *Journal of Korean Society of Steel Construction*, vol. 21, no. 6, pp. 553-561, 2009.

성 흥 기(Hong Ki Sung)

[정회원]



- 2012년 2월 : 경희대학교 사회기반
시스템공학과 (공학사)
- 2014년 2월 : 경희대학교 사회기반
시스템공학과 (공학석사)
- 2014년 9월 ~ 현재 : 한국건설기
술연구원 신진연구원

<관심분야>

토목공학, 구조공학

정 규 수(Kyu Soo Chong)

[정회원]



- 2012년 2월 : 서울대학교 환경대학
원 환경계획학과 (박사수료)
- 2001년 1월 ~ 현재 : 한국건설기
술연구원 연구위원

<관심분야>

교통공학, 지리정보공학