

# 제설작업과 기상정보의 상관관계를 통한 제설취약성 분석

## Analysis of Snow Removal Vulnerability through Relationship between Snow Removal Works and Weather Forecasts

양 총 헌	Choong Heon Yang	정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 (E-mail : chyang@kict.re.kr)
김 인 수	In Su Kim	한국건설기술연구원 연구원 (E-mail : mriskim@kict.re.kr)
전 우 훈	Woo Hoon Jeon	정회원 · 한국건설기술연구원 연구원 (E-mail : cwphoon@kict.re.kr)

### ABSTRACT

**PURPOSES :** This study demonstrates the need for the collection of road weather information in order to perform efficient snow removal works during the winter season. Snow removal operations are usually dependent upon weather information obtained from the Automatic Weather Station provided by the Korea Meteorological Administration. However, there are some difference between road weather and weather forecasts in their scope. This is because general weather forecasts are focused on macroscopic standpoints rather than microscopic perspectives.

**METHODS :** In this study, the relationship between snow removal works and historical weather forecasts are properly analyzed to prove the importance of road weather information. We collected both weather data and snow removal works during winter season at "A" regional offices in Gangwon areas.

**RESULTS :** Results showed that the validation of weather forecasts for snow removal works were depended on the height difference between AWS location and its neighboring roadway.

**CONCLUSIONS :** Namely, it appears that road weather information should be collected where AWS location and its neighboring roadway have relatively big difference in their heights.

### Keywords

*road weather information, weather forecast, correlation coefficient, snow removal works*

Main Author : Choong Heon Yang, Senior Researcher  
Korea Institute of Construction Technology, 283, Goyangdae-Ro,  
Ilsanseo-Gu, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 411-712, Korea  
Tel : +82.31.910.0184 Fax : +82.31.910.0746  
email : chyang@kict.re.kr

International Journal of Highway Engineering  
<http://www.ksre.or.kr/>  
ISSN 1738-7159 (Print)  
ISSN 2287-3678 (Online)

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 동절기와 하절기에 발생빈도가 높아지고 있는 자연재난에 대한 도로교통망의 재해가 증가하고 있다. 자연재난은 인력으로 막을 수는 없지만, 재해의 경우는 분명 그 피해 정도를 줄일 수는 있다. 피해를 줄이기 위

한 방법으로는 도로인프라에 대한 수정·향상 등의 방법도 있지만, 사전적으로 기상 변화 정보를 수집하여 적절한 조치를 강구하는 것도 중요하다. 이러한 의미에서 도로분야에서 주목하고 있는 것이 도로기상정보체계(Road Weather Information System)이다. 국내에 RWIS가 도입된 지 수 년이 지났으나, 여전히 도로 기

상정보 수집과 활용에 대한 중요성이 크게 대두되지 못하고 있었다. 그러나 최근 3년간 동절기 예기치 못한 폭설 및 지속적인 한파가 전통적으로 강설량이 많은 강원도 지역 외에 경상도, 호남 및 충청의 서해안 지역, 심지어 수도권 지역을 강타한 후 보다 정확하고 체계적인 기상정보 수집 필요성에 대한 공감대가 형성되고 있다.

현재 동절기 제설작업은 기상청에서 제공하고 있는 기상예보에 의존하고 있는데 이러한 예보는 기상청에서 설치·운영하고 있는 자동기상관측장비(Automatic Weather Stations)에서 수집한 대기기상자료를 근거로 하고 있다. AWS는 과거에 사람이 직접 수행하던 것을 자동으로 관측할 수 있도록 설계한 기상관측장비로써, 실시간 기상에 대한 데이터 수집부터 데이터처리와 저장에서 표출하는 것을 자동으로 처리하는 시스템을 의미한다. 그러나 실제로 도로변에서 수집한 기상정보와 기상청에서 제공한 예측정보가 서로 상이한 경우가 많이 발생하고 있는데, 이는 기상예측정보는 일반적으로 거시적 관점이며 도로 기상은 상대적으로 미시적 관점에 따른 것에서 기인한다. 거시적 관점(Macroscopic)이란 일반적으로 “동네예보”라고 불리는 기상정보인데, 이는 도시별로 기상예보를 하고 있어, 실제 도로변의 기상상태와는 매우 다를 수 있음을 의미한다. 예를 들어, 도로변에 설치되어 있는 기상관측장비로부터 수집된 대기 온·습도는 노면에 서리가 발생했는지 여부를 예측하는데 사용 가능하지만, 기상청에서 제공하는 대기 온·습도자료는 예측이 어려울 수 있다.

현재 국내의 도로 기상정보 수집은 기상청이 아닌 도로관리기관에서 설치·운영하고 있다. 도로의 기상정보는 실시간 모니터링을 위해 수로원을 통한 육안 관측방법 및 간단한 CCTV 설치를 통한 간접 확인 방법을 사용하고 있으나, 기상 검지 기술의 발전에 따라 도로기상 검지기 설치 운영 등을 통한 시스템 구축으로 직·간접으로 종합적인 정보 수집 방안을 수립하고 있다(국토해양부, 2011). 또한 대설에 따른 위기경보 발령 시, 각 도로관리기관에서는 기상상황을 파악하여 전파·보고하도록 되어 있다(국토해양부, 2011). 이에 도로관리기관에서는 일반적으로 제설 및 결빙취약구간을 지정하여 동절기 대책기간(매년 11.15~익년 3.15)동안에 집중적인 관리를 하고 있는데, 일반국도 및 고속국도의 경우 2011년 기준 전국적으로 181개소를 지정(국토해양부, 2011)하여 관리하고 있다. 그러나 이에 상응하는 도로 기상관측장비는 턱없이 부족한 실정이다.

본 연구에서는 도로기상 정보 수집의 필요성과 당위

성을 입증하기 위해 실제 제설작업수행정보와 기상정보와의 상관관계를 분석하고 통계적으로 검증하였다. 이를 통해 향후 도로기상정보의 수집이 필요한 지점과 설치 간격, 필요 개수 등을 산정하는데 필요한 기초자료로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 문헌고찰

### 2.1. 해외의 도로 기상 활용 사례

해외 선진국들은 이미 도로 기상정보의 수집과 활용이 일반화되어 있다. 미국은 이미 수년전부터 RWIS를 주요 고속도로에 구축하여 운영하고 있는데, 구축의 주요 동기는 일반적인 기상예보는 도로관리자가 원하는 도로구간의 정보를 얻기에는 부족하다는 판단 때문이다.

RWIS는 1970년대 Surface Systems Inc.(SSI)에 의해 시스템으로 개발되었고, 공항활주로와 도로의 램프구간에 설치되었다. 80년대 초 동일한 기술이 고속도로 환경에서 시험되었고, 성공적인 것으로 판명되었다(NCHRP, 2001). 기상정보 수집을 위해 도로변에 환경 센서(Environmental Sensor Station)를 설치하는데 필요한 구체적인 지침까지를 제공하고 있다(FHWA, 2005). 아이다호(Idaho)주에서는 도로 기상정보 수집 전과 후를 비교하였는데, 제설제 사용량, 제설작업빈도, 교통사고건수 등이 50% 이상 감소한 것으로 분석되었다(FHWA, 2010).

캐나다의 경우 미국과 마찬가지로, RWIS를 운영하고 있는데, 연방정부와 지방정부가 서로 협력하여 비용부문에 대한 부담을 해결하고 있다(C-SHRP, 2000).

우리나라와 동절기 기후가 유사한 북유럽의 경우 북미지역보다 조금 더 일찍 도로 기상정보에 대한 개념을 도입하였다. 우선, 영국의 경우 영국 기상청(Met Office)은 1987년부터 「Open Road」라는 도로 기상정보 서비스를 고속도로관리 사업단에 제공하고 있다. 이 서비스는 관공서, 산업체, 그리고 민간업자가 협력하여 구축한 것이다. 오스트리아에서도 고속도로 상에 10~15km 간격으로 도로 기상관측장비를 설치하여 관련정보를 수집하고 있다(한국도로공사, 2010).

이 밖에도 스위스, 독일도 도로 기상에 대한 수집·활용이 활발한 것으로 확인되었다. 최근 스웨덴에서는 기존 도로변 기상관측장비 외에 프로브차량에 센서를 장착하여, 도로 기상과 관련된 정보를 수집하여 실시간으로 도로관리자에게 전송하는 기술을 개발하여 현장에 적용하고 있다.

Table 1은 유럽의 도로 기상정보 활용사례를 국가별

Table 1. Practical Application of Road Weather Information in Europe

Division	Germany	Norway	Sweden	Finland
Agency	Ministry of Transport, Building and Housing	Norwegian Public Roads	Swedish National Road Administration	Finnish National Road Administration
Number of Road weather stations	600	180	25	1,000
Road weather elements	Wind, Wind Speed, Precipitation, Surface conditions, Road Surface Temperature, Snow, Soil Temperature(30cm)	Temperature, Relative Humidity, Precipitation, Road Surface Temperature	Wind, Wind Speed, Temperature, Humidity, Road Surface Temperature, Form of Precipitation, Precipitation, CCTV	Wind, Wind Speed, Temperature, Humidity, Road Surface Temperature, Form of Precipitation, Precipitation, CCTV
National Weather Service	German Meteorological Service	Norwegian Meteorological Institute	Swedish Meteorological Hydrological Institute	Finnish Meteorological Institute

로 정리한 것이다.

일본의 경우 국토교통성 산하 도로 관리국에서 동절기 도로관리업무를 수행하고 있는데, 총 1,000여개의 도로 기상관측장비를 설치·운영하고 있으며, 이를 통해 강우, 강설, 풍향, 대기온도, 시정거리, 노면정보 등을 수집하고 있다. 산악지역이 많은 지역에는 이러한 도로 기상정보 수집이 필수적으로 수행되고 있다.

## 2.2. 국내 도로 기상 활용 사례

국내에서도 고속도로와 일반국도, 그리고 민자고속도로 일부구간에서 도로 기상정보를 수집하고 있다. 일반적으로 RWIS는 ITS 운영의 일부로 인식되고 있으며,

고속도로에는 총 29개의 장비가 설치되어 있고, 일반국도에는 35개의 장비가 설치되어 있다(국토해양부, 2011). 그러나 수집된 정보는 단순한 도로관리자의 참고자료나 자동염수분사장치가 설치된 구간의 운영을 위해 사용될 뿐 과학적이고 체계적인 제설작업, 즉 제설작업의 강도, 빈도, 시작 및 작업종료시점 등과 같은 의사결정에는 활용하지 않는 것으로 파악되었다.

주요 이유는 도로 기상관측장비의 90% 이상이 외산 장비인데, 구축이후 유지·관리가 제대로 수행되지 않아 오작동 비율이 높고, 수집된 정보 자체의 정확성을 검증하지 못하기 때문인 것으로 추정된다. Table 2는 우리나라와 유럽의 RWIS 활용사례를 비교한 것이다.

Table 2. Comparison of the RWIS Application in Europe and Korea

Division	Swiss	Germany	Slovakia	Korea
Using Information	Use 0~3 hours of Road Weather Information Automatic spray connected with Device	Data obtained from Weather Stations Use nowcasts or 72 ahead forecast	Use real time data Use decision-making for operating snow removal	Automatic spray at vulnerable area
Main Sensor	Temperature, Humidity rainfall Wind speed, wind direction Active road sensor Active road freezing sensor	Temperature, Humidity rainfall Wind speed, wind direction Active road sensor Active road freezing sensor	Temperature, Humidity rainfall Wind speed, wind direction Active road sensor Active road freezing sensor	Temperature, Humidity rainfall Active road sensor Active road freezing sensor
Determine the Installation Location	Install at vulnerable area	Proper location for RWIS	Select vulnerable area with 5km interval	vulnerable area
Snow Removal	Connected with 27 RWIS	Snow removal with snow removal vehicles Connected with RWIS	Snow removal with snow removal vehicles	Snow removal with snow removal vehicles Connected with RWIS

### 3. 제설 취약성 분석

#### 3.1. 자료수집

제설취약성 분석은 현재 일반적인 제설작업절차에서 가장 많이 의존하고 있는 기상청 자료에 대한 한계와 보완점을 파악하는 것부터 시작하였다. AWS의 경우는 전국에 총 568개소가 설치되어 있고, 이 중 약 15%(84개소)가 강원도 지역에 있다.

일반국도 제설 담당자들은 제설작업에 필요한 기상정보를 대부분 기상청 홈페이지를 통해 관할구간의 동네예보, 주간예보, 기상특보, 기상정보, 레이더영상, 위성영상, AWS 정보를 수집하고 있다. 동네예보의 경우 기상청에서 5km 간격으로 예보자료를 제공하고 있음에도 불구하고 홈페이지를 통해 표출되는 지역은 도심 등의 행정구역 소재지 중심이기 때문에 제설작업의 주요 대상 중의 하나인 고개 등의 동네예보, 초단기예보를 확인하기 위해서는 인근의 행정구역에 대한 예보를 간접적으로 참고할 수밖에 없다.

일반적으로 기상청 예보는 전국에 설치되어 있는 AWS로부터 각 지점에 대한 포인트 기상정보를 수집하고 이를 광역적으로 분석·재조정하여 전국적인 날씨에 대한 정보를 제공하는 개념이다. 따라서 도로관리기관에서 제설작업을 위해 필요로 하는 도로변 기상정보와는 충분히 다를 수 있다. 예를 들어, 기상청에서 제공하고 있는 자료는 누적적설량인데 실제 제설작업에는 신적설량 정보가 더욱 필수적인 사실만 봐도 이해할 수 있다.

기상청으로부터 실제 강설이 있었던 날짜 및 시간 정보와 제설작업간의 상관관계를 알아보기 위해 원주지방국토관리청 산하 A 국도관리사무소의 2011~2012시즌 제설작업일지를 수집하여 분석하였다.

월/일	작업구간(장소)	작업내용	시작시간	종료시간	날씨	확인(수료일)
1/27	유정리-배후리	신적설량조사	12:00	12:30	눈	이희익
1/28	배후리	신적설량조사	16:00	16:30	눈	이희익

Fig. 1 Examples of Snow Removal Records

2010년 11월 15일부터 2011년 3월 15일까지 A국도관리사무소에서 수행되었던 제설작업구간, 시간, 날짜와 기상청에서 제공받은 동일 기간, A국도관리사무소의 관할지역과 동일한 지역에 설치되어 있는 AWS 40개소에 대한 자료를 비교·분석하였다.

#### 3.2. 상관관계 분석

강설자료와 제설작업간의 상관관계는 다음 Table 3과 같은 방법으로 정의하였다.

Table 3. Definition of Relationship between Snowfall and Snow Removal

Division	The Presence of Snow Removal	Definition
Snowfall Record by AWS(O)	Snow Removal Operations(O)	High correlation
Snowfall Record by AWS(X)	Snow Removal Operations(X)	
Snowfall Record by AWS(O)	Snow Removal Operations(X)	Low correlation
Snowfall Record by AWS(X)	Snow Removal Operations(O)	

이러한 정의가 가능한 이유는 기본적으로 AWS와 RWIS는 포인트(특정지점) 기상정보만을 수집하기 때문에 설치된 위치에 대한 주변 기상정보를 수집한다. 다시 말하면, AWS가 설치된 지점과 인근 국도와의 물리적인 차이가 크면 기상청 예보정보와 도로 기상정보가 차이가 날 확률이 높다고 추정할 수 있다.

따라서 제설작업과 강설예측정보 비교를 통해 실제 강설이 있었으나, 제설작업을 수행하지 않은 경우와 강설이 없었으나, 제설작업을 수행한 경우를 분석하여, 각각의 비율(%)을 산정하고, 그 결과를 통해 도로변 기상정보 수집 필요성에 대한 타당성을 입증하고 더 나아가 적정 설치개수 및 지점의 선정도 가능할 것으로 판단된다.

Fig. 2는 제설작업일지와 AWS 강설자료를 통합한 것이다. A국도관리사무소의 동절기 대책기간동안의 작업일지와 기상청 AWS 강설자료(24시간)를 수집하여 통합하였다. 즉, 제설작업일지상의 제설구간과 제설구간 최인근의 AWS 지점을 탐색하여, 제설작업일지와 해당 일자의 AWS의 강설자료를 통합한 것이다. 또한 AWS 강설자료에 제설작업시간을 표시(녹색)하여, 직관적으로 분석이 용이하도록 조정하였다.

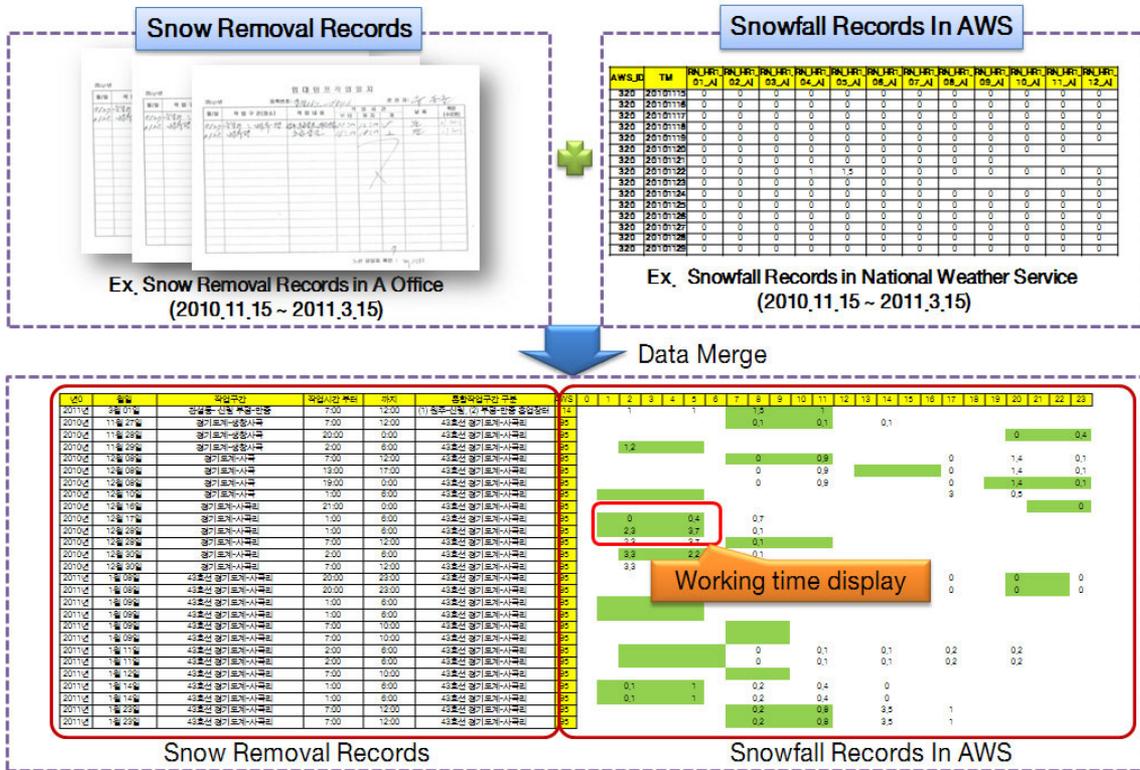


Fig. 2 Snow Removal Records and the Snowfall Data of AWS

다음 Fig. 3은 제설작업 1회 수행한 시간동안 AWS 강설기록이 있는 경우 두 자료는 일치하고, 제설작업시간 동안 AWS 강설기록이 없는 경우 불일치한다고 가정 한 결과이다. 분석결과, AWS가 바로 근접하여 있지 않은 구간을 제외하고 총 425회의 제설작업을 수행하였으며, 이 중 강설 기록과 제설작업의 일치성 여부는 총 192회로 분석(약 43%)되었다.

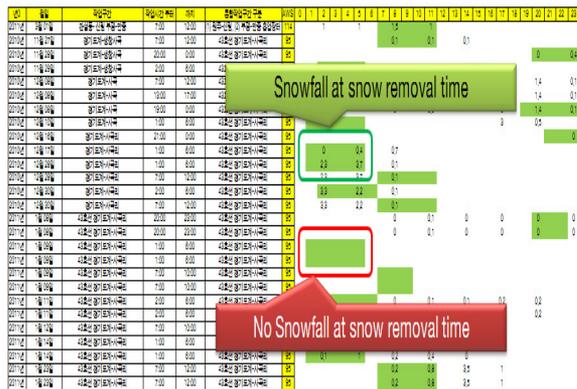


Fig. 3 The Correlation Analysis of the Snow Removal Records and Snow data

그러나 이러한 분석결과를 바탕으로 제설작업과 강설

예보간의 정확한 상관관계를 나타내기 어렵고, 상관분석 결과의 일관성도 없는 것으로 나타났다. 이는 다음의 두 가지 원인에 기인한 것으로 판단된다.

- ① 제설작업이 밤 시간에 진행된 경우 다음날까지 지속되는 경우가 있어, 강설시간과 제설작업을 단순히 1:1 매칭하는 것은 문제가 있음
- ② AWS와 인접국도 간의 물리적 관계를 고려하지 않은 결과에 대한 신뢰성 문제

따라서 강설자료와 제설작업간의 관계 규명에 반드시 고려해야 할 것을 선정하였다. 우선, “고도가 높을수록 대기온도는 낮아지는데 일반적으로 온도감률은 6.5℃/1,000m인 것”으로 조사되었다. Thornes (1985)의 연구결과에 따라 본 분석에서 AWS가 설치되어 있는 지점과 인접국도간의 (1)직선거리와 (2)고도차를 선정하였다.

제설작업구간에 인접해 있는 모든 AWS에 대한 주소와 A국도관리사무소의 제설취약구간에 대한 주소정보를 수집하였다. 이를 GPS지도를 활용하여 위도·경도·고도자료를 추출하여 Fig. 4와 같이 GIS 지도 위에 표출하였다.

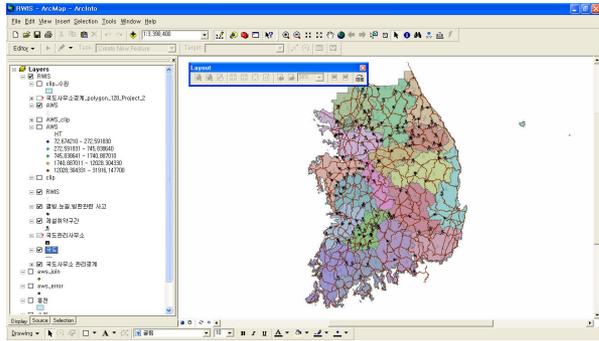


Fig. 4 Working with GIS Programs

따라서 AWS와 인접국도간의 직선거리는 AWS의 위도·경도 기반으로 Arc GIS 분석을 통해 여러 개의 직선 거리를 산출하고 그 중 최단거리를 선정하였다. 또한, AWS와 인접국도간의 고도차는 AWS의 위도·경도·고도자료를 바탕으로 최단직선거리에 위치해 있는 도로의 고도정보를 수집하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 분석에 대한 개념을 도식화한 것이다.

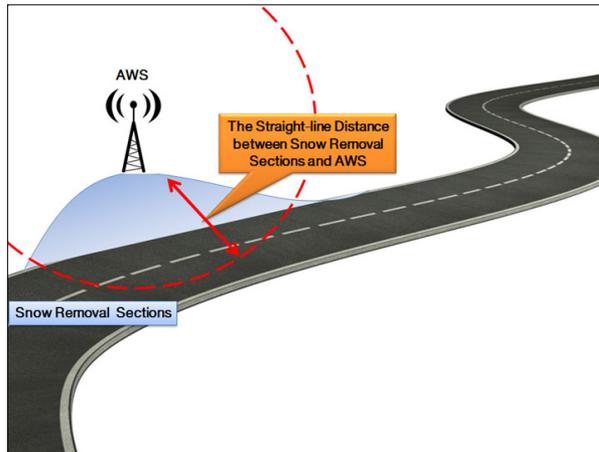


Fig. 5 The Distance Relationship of the Snow Removal and Snowfall Data

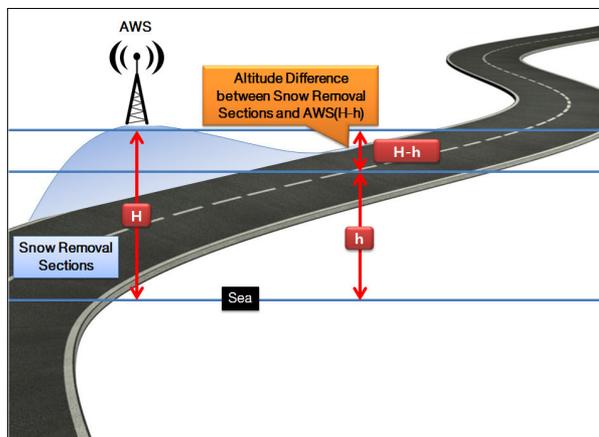


Fig. 6 The Altitude Difference Relationship of the Snow Removal and Snowfall Data

분석결과는 다음 Fig. 7, Fig. 8과 같으며, 직선거리 보다는 고도차이가 더욱 영향력 있는 변수로 선정되는 것이 타당한 것으로 판단된다. 고도차가 크면 클수록 강설자료와 제설작업수행기록과의 일치율이 현저히 감소하는 것으로 파악된다. 반면에, 거리 차의 경우, 일관성 설명이 어려울 정도의 결과를 보인다.

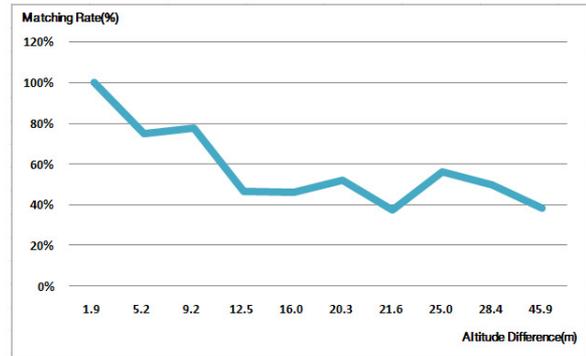


Fig. 7 The Correlation Graph According to the Altitude Difference

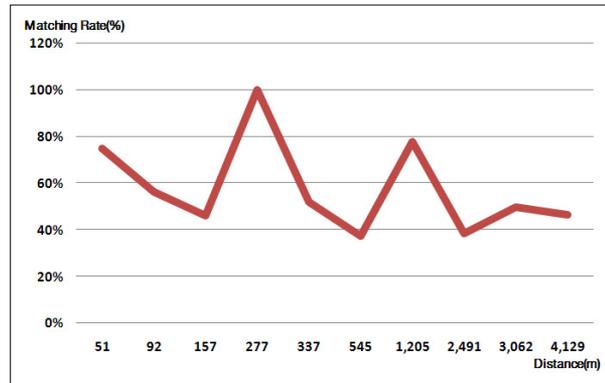


Fig. 8 Correlation Graph Based on the Distance Difference

앞서 가정하대로, 고도가 높을수록 온도감률은 크다는 것에 부합한 결과를 도출하였다. 분석결과, AWS와 인접국도간의 고도차가 9m 이하인 경우, 인접국도의 총 제설작업 횟수는 29회였고, 이때의 강설 기록은 총 26회로 약 90% 이상의 높은 상관관계를 보였다.

도로변 기상상태는 보통 지면에서 9m 높이에서 측정되는데 그 이유는 이 공간의 기상상태가 일반적인 기상상태와 매우 다를 수 있기 때문이다. 예를 들어, 도로변 기상상태는 차량의 속도, 노면에서 반사되는 열 등에 영향을 받는다.

미국의 도로변 환경 센서 설치기준에 보면, 도로변 기상관측 장비 설치 높이를 9m~15m로 권장하는 이유도 이를 고려한 것이다. 기본적으로 도로변 기상관측 장비는 노면과 동일한 고도에 위치해야 한다.

#### 4. 통계적 검증

AWS와 인접국도간의 고도차가 적을수록 AWS가 제공하는 정보가 정확하다는 사실을 통계적으로 검증하기 위해서 상관계수(Coefficient of Correlation)를 적용하여 상관분석을 수행하였다. 상관계수는 두 변량 X, Y 사이의 상관관계의 정도를 나타내는 수치(계수)이며, 상관관계의 정도를 수량적으로 표시한 것으로서, 보통  $r$ 로 표시된다. 상관계수  $r$ 는 항상 부등식  $-1 \leq r \leq 1$ 을 만족시키며, 양의 상관관계가 있을 때는  $r > 0$ , 음의 상관관계가 있을 때는  $r < 0$ 이다. 또 무상관일 때는  $r = 0$ 이 된다.

$$r(x, y) = \frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{s_x s_y}$$

다음 Fig. 9와 Fig. 10은 상관분석 결과를 나타낸다.

고도차에 따른 상관계수는  $-0.74$ , 거리차에 따른 상관계수는  $-0.37$ 로 나타났으며, 둘다 음의 상관관계를 나타낸다. 이는 고도차에 따른 상관계수( $r = -0.74$ )가 거리차에 따른 상관계수( $r = -0.37$ )보다 더 낮으므로 통계적으로도 고도차에 따른 관계가 더욱 합리적인 것으로 나타났다.

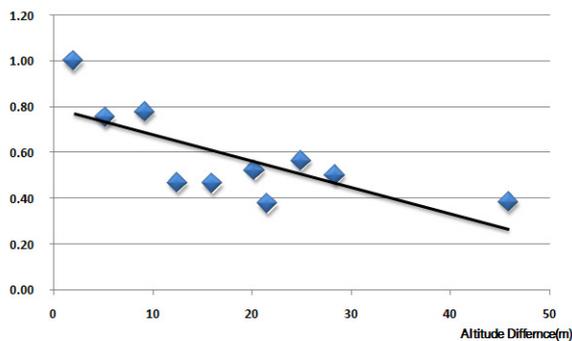


Fig. 9 The Correlation Coefficient According to the Altitude Difference ( $r = -0.74$ )

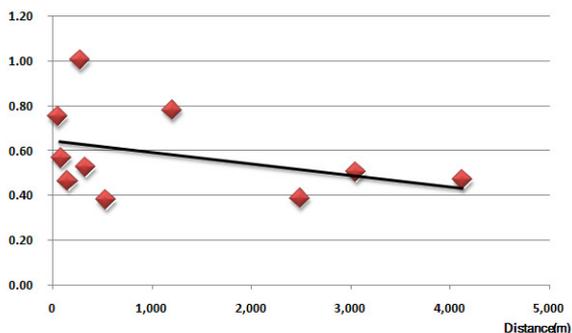


Fig. 10 The Correlation Coefficient Based on the Distance Difference ( $r = -0.37$ )

#### 5. 결론

본 연구에서는 AWS를 통한 기상정보(강설정보)와 실제 제설작업 수행결과의 상관관계분석을 수행하였다. 이를 통해 도로변 기상관측 장비의 설치·운영의 타당성을 입증하였다. 즉, 현재는 기상청에서 제공하고 있는 기상예보자료를 바탕으로 제설작업에 대한 의사결정을 하고 있지만, 실제로 기상예보자료가 도로 기상과 상이할 때가 많이 있다. 특히, 현재 기상청 동네예보에만 의존하는 제설작업의 경우, 기상청 예보와 실제 도로 기상과의 차이를 전혀 고려하지 않고 있으며, 필요한 경우 인력에 의존하여 도로 기상정보를 수집하고 있다. 현재 기상청에서 설치·운영하고 있는 AWS의 설치지점과 인접도로와의 고도차가 클 경우에는 실질적으로 정보의 정확성을 신뢰할 수 없다는 것이다. 이러한 지점에는 도로변 기상관측장비가 설치되어 기존 AWS와의 상호 보완적인 역할을 수행할 수 있도록 해야 한다. 특히, 노면에 대한 정보는 현재 기상청에서도 제공하고 있지 않아 도로관리청에서 전적으로 정보수집·전파 등의 역할을 담당해야 한다. 센서 구입 및 설치비용 등을 감안할 때, 설치 개수나 설치지점이 제한적일 수밖에 없다. 따라서 본 연구의 결과를 바탕으로 AWS와의 상호보완이 가능하면서 비용을 최소화하는 계획에 대한 수립이 가능할 것으로 기대된다. 보다 정확한 위치선정을 위해서는 본 연구의 결과 외에도 연평균일교통량(AADT), 미끄럼 교통사고 발생건수, 제설취약구간 선정지점에 대한 항목을 추가하여 분석할 필요가 있다.

외국의 사례에서 보듯, RWIS와 기상자료의 통합운영을 통해 보다 과학적이고 체계적인 동절기 도로관리업무를 수행하고 있다. 과학적이고 체계적인 업무란 기상정보에 따른 적정 제설제 살포, 제설장비 및 인력 운영을 달성하고, 더 나아가 실제 도로 기상정보에 대한 현장 감측정의 정확성 및 예측의 정확성을 확보하는 것이다.

#### References

- Canadian Strategic Highway Research Program. *Anti-icing and RWIS Technology in Canada 2000*
- FWHA. *Road Weather Information System Environmental Sensor Station Siting Guidelines 2005*
- FWHA. *Seasons of Achievement (Accomplishments of the Road Weather Management Program) 2010*
- NCHRP. *Benefit/Cost Study of RWIS and Anti-icing Technologies 2001*
- Thomes, J.E. *The prediction of ice formation on roads*. Highways and Transportation 1985; 32(8): 3-12.

The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, *Winter snow road measures 2011*

The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, *A Guideline for Roadway Snow Removal in South Korea 2011*

The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, *Snow Study road system for advanced 2011*

The Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, *Storms (snow) road disaster emergency response field manual 2011*

The Korea Expressway Corporation, *Meteorological Information System Highway (Final Report) 2010*

(접수일 : 2012. 5. 31 / 심사일 : 2012. 6. 13 / 심사완료일 : 2012. 7. 23)