

재난통계를 활용한 대설피해 예측 및 대설 피해 적설심 기준 결정 방안

오영록* · 정건희**

Oh, YeoungRok*, Chung, Gunhui**

Estimation of Snow Damage and Proposal of Snow Damage Threshold based on Historical Disaster Data

ABSTRACT

Due to the climate change, natural disaster has been occurred more frequently and the number of snow disasters has been also increased. Therefore, many researches have been conducted to predict the amount of snow damages and to reduce snow damages. In this study, snow damages over last 21 years on the Natural Disaster Report were analyzed. As a result, Chungcheong-do, Jeolla-do, and Gangwon-do have the highest number of snow disasters. The multiple linear regression models were developed using the snow damage data of these three provinces. Daily fresh snow depth, daily maximum, minimum, and average temperatures, and relative humidity were considered as possible inputs for climate factors. Inputs for socio-economic factors were regional area, greenhouse area, farming population, and farming population over 60. Different regression models were developed based on the daily maximum snow depth. As results, the model efficiency considering all damage (including low snow depth) data was very low, however, the model only using the high snow depth (more than 25 cm) has more than 70% of fitness. It is because that, when the snow depth is high, the snow damage is mostly caused by the snow load itself. It is suggested that the 25 cm of snow depth could be used as the snow damage threshold based on this analysis.

Key words : Snow damages, Damages estimation based on snow depth, Multiple linear regression model, Snow damage threshold

초 록

최근 세계적인 기상이변으로 인해 자연재해가 빈번하게 발생하고 있으며, 겨울철 대표적인 자연재해인 대설에 의한 재난 발생 빈도도 증가하고 있다. 그러므로 대설 피해 저감이나 대설 피해액 예측에 대한 연구들이 다수 수행되고 있다. 본 연구에서는 과거 22년간 발생했던 대설 피해 사례를 재해연보에서 조사하여 시군구별로 빈도 분석을 하였다. 그 결과 대설 피해 발생 빈도가 높았던 충청도, 전라도, 강원도를 대상으로 대설피해액 예측을 위한 다중회귀모형을 구축하였다. 설명변수로 기상학적 요소인 최심신적설량, 최고기온, 최저기온, 상대습도와 사회·경제적인 요소인 시군구의 면적과 비닐하우스 면적, 농가인구, 60세 이상 농가인구를 선택하여 모형을 구축하였다. 또한 대설 피해를 야기하는 적설심에 대한 분석을 위해 최심신적설심 별 구간을 구분하여 모형을 별도로 구축하였다. 그 결과, 적설심이 낮았던 피해 사례까지를 모두 고려한 경우에는 모형의 예측력이 매우 낮았지만, 피해를 야기한 적설심이 큰 경우만을 분리하여 모형을 구축한 경우에는 70% 이상의 매우 향상된 예측력을 보였다. 이는 적설심이 25 cm 이상 큰 경우에는 적설하중에 의해 설해가 발생할 가능성이 있으며, 이를 대설 피해 기준 적설심이라고 가정할 수 있을 것으로 판단되었다.

검색어 : 대설피해, 적설심별 피해액 추정, 다중회귀모형, 대설 피해 적설심 기준

* 호서대학교 건축토목환경공학부 토목공학과 석사과정 (Hoseo University · dudtla224a@nate.com)

** 종신회원·교신저자·호서대학교 건축토목환경공학부 토목공학전공 조교수 (Corresponding Author · Hoseo University · gunhuic@gmail.com)

Received January 20, 2017/ revised February 15, 2017/ accepted March 3, 2017

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 세계적인 기상이변의 결과로 국지적인 폭설과 한파가 발생하고 있다. 예를 들어, 2016년 1월 우리나라에도 폭설과 한파로 제주공항이 폐쇄되었고, 2017년 1월 현재도 일본에 폭설이 내려 6명이 사망하고, 항공편이 결항되는 등 다양한 폭설피해가 발생하고 있다. 재해연보에 따르면 우리나라 자연재해는 호우, 태풍, 대설, 강풍 순으로 피해가 컸으며, 최근 10년간 대설로 인한 피해는 약 2천억 원이었다(MPSS, 2015). 대표적으로 2014년 2월 17일 경주 미우나 오션 리조트 채육관이 지붕에 쌓인 눈으로 인해 붕괴되며 약 150명의 사상자를 발생시키는 등 대설로 인한 피해가 점차 심각해지고 있다. 그러므로 대설 피해와 강설과 관련된 다양한 연구들이 수행되었다. 예를 들어, Jung et al. (2015)은 상대적으로 대설에 취약한 온실의 피해를 저감시키기 위해 적설하중 산정을 위한 노출계수를 결정하였으며, Lee et al. (2015)은 신적설의 단위중량에 대해 연구하여 최대가능적설하중을 추정하는 연구를 진행하였다. 또한 Shim (2005)은 2004년 3월 대설을 대상으로 최심신적설을 이용하여 확률강설량은 분석하였으며, Lee and Lee (2006)은 지역별 강설 분포 차이를 분석하고 이해 대한 원인을 파악하였다. 사전에 자연재해를 예측하여 대처하고자 Toya and Skidmore (2007)도 자연재해에 따른 GDP당 피해액 예측모형 개발에 관한 연구를 수행하였으나, 회귀모형의 수정된 결정계수가 0.09~0.35로 높지 않아, 실제 적용하는 것에 한계가 존재하였다. Kwon et al. (2016) 또한 회귀분석을 이용하여 최심적설량과, 사회·경제적 요인(인구, 면적, 지역 내 총생산액)를 고려한 대설피해 예측모형 개발하였으나, 모형의 수정된 결정계수가 0.11로 매우 낮았으며, Kwon and Chung. (2017)은 강원도 지역을 중심으로 대설피해액 추정을 위한 회귀모형을 개발하였으나, 시·군 별로 편차를 보였으며, 분석한 14개의 시·군 중 10의 시·군에서 수정된 결정계수가 0.6미만 값을 나타냈고, 0.2~0.4 사이의 값도 다수 존재하는 등 시·군 별로 모형의 적용성이 다소 떨어지는 경향을 보였다.

이와 같이 기존에 진행된 대설 피해 추정 연구들 중 다수가 재난통계를 활용하여 피해액을 예측하였으나, 그 효율이 높지 않아 재난통계의 활용에 대한 근본적인 고민이 존재한다. 그럼에도 불구하고 피해 예측을 위해 가장 중요하며 직접적인 연관을 가지는 자료도 역시 과거 재난통계이다. 그러므로 재난통계 자료의 특성을 면밀히 살펴 보다 합리적이고 정확하게 대설 피해를 예측하는 것이 요구되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 과거 대설 피해 관련 재난통계 자료를 분석하여 대설 피해를 유발하는 적설심을 구간별로 구분하고, 주로 농촌지역 소규모 시설물에 대설 피해가 발생한다

는 점을 이해하여 농촌지역의 비닐하우스 면적이나 농가의 60세 이상 인구 수 등 적설심 이외에 대설 피해에 영향을 미칠 수 있는 인자들을 보강하여 재난통계를 활용한 대설피해 예측의 성능 향상을 의도하였다.

1.2 연구범위 및 방법

1.2.1 연구범위

본 연구에서는 재난통계에 기반한 대설피해가 자주 발생하는 지역을 선정하기 위해 국민안전처(Ministry of Public Safety and Security, MPSS) 에서 매년 발간하는 재해연보를 조사하였다. 재해연보에 따르면 1994년부터 2015년까지 총 22년간, 각 시군구 별로 0건에서 최대 약 20건의 대설 피해가 발생하였으며, 전국의 시군구별 대설 피해 빈도를 나타낸 결과 Fig. 1과 같이 충청도, 전라도, 강원도 지역에서 상대적으로 높은 빈도가 나타났다.

또한 대설피해를 입은 시설을 재해연보에 분류된 23개 항목별로 조사하였다. Table 1에 분류된 것과 같이 재해연보에는 공공시설과 사유시설 총 23개로 구분하여 자연재해에 따른 피해액과 복구액을 집계한다. 지난 21년간 대설 피해를 가장 많이 입은 시설은 비닐하우스, 축사·잡사, 기타 사유시설로 각각 총 피해액의 33%, 29%, 32%를 차지했다. 즉, 대설피해는 주로 충청도, 전라도, 강원도의 비닐하우스나 축사·잡사 등의 농가시설물에서 발생하였다. 그러므로 본 연구에 개발된 대설 피해 예측 모형을 대설피해가 주로 발생하는 충청도, 전라도, 강원도 지역에 적용하여 검증하였다.

1.2.2 연구 방법

재난통계를 활용하여 피해를 예측한 선행연구들은 앞에서 언급한 바와 같이 대부분 다중회귀모형 (Choi et al., 2016)이나 인공신경망 모형 (Kim et al., 2016)을 적용하였다. 인공신경망 모형을

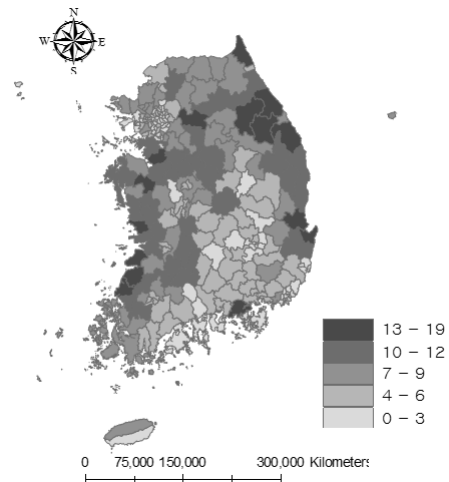


Fig. 1. Frequency of Snow Disasters from 1994~215

Table 1. Percentage of Snow Damages from 1994~215

No	Facilities	Ratio (%)
1	Road and Bridge	0.04
2	River	0.00
3	Stream	0.00
4	Fresh water/Sewerage pipes	0.02
5	Harbor	0.25
6	Fishing port	0.26
7	School	0.27
8	Railroad	0.00
9	Tide-embankment	0.00
10	Erosion control/Forrest road	0.00
11	Military facilities	0.49
12	Small facilities	0.14
13	Other public facilities	1.02
14	Building	0.47
15	Vessel	0.18
16	Agricultural land	0.00
17	Embankment, Wall	0.01
18	Livestock	0.01
19	Barn	29.11
20	Aquaculture	2.57
21	Fishing net	0.52
22	Greenhouse	32.85
23	Other private facilities	31.80

적용한 예는 대부분 호우에 따른 피해 예측 (Kim et al., 2016)이었다. 그러나 대설피해의 횡수가 호우에 비해 현저하게 작은 우리나라의 경우 대설피해 예측을 위해 인공신경망 모델을 효과적으로 훈련시킬 수 있는 자료가 부족하다. 그러므로 본 연구에서는 다중회귀모형을 이용하여 대설 피해를 예측하였다. 회귀분석은 통계학적으로 설명변수와 종속변수 사이의 상관관계를 나타내는 선형 관계식을 구하는 기법이며 이렇게 얻은 모형의 적합도를 측정하는 분석 방법으로 해석된다(Park, 2007).

2. 다중회귀분석

다중회귀모형은 종속변수를 설명하기 위해 두 개 이상의 설명변수가 사용되는 선형회귀모형을 말하며, 단순회귀모형의 확장이라 할 수 있다. 다중회귀모형의 종속변수 Y 를 n 개의 설명변수 x_1, x_2, \dots, x_n 의 선형식으로 설명하려는 모형으로 Eq. (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + \dots + B_nx_n \quad (1)$$

여기서 B_0, B_1, \dots, B_n 는 모집단의 회귀계수이다. 다중회귀식을 추정하는 방식으로는 동시입력방식과 단계입력방식이 가장 대표적이다. 동시입력방식은 사용자가 고려하는 모든 설명변수들을 동시에 분석하는 방법으로, 다른 설명변수들이 통제된 상태에서 특정 설명변수의 영향력을 분석할 수 있으며, 모든 설명변수들이 얼마나 종속변수에 영향을 끼치는지 정도를 알 수 있다. 본 연구에서는 모든 설명변수들이 종속변수인 대설피해액에 어떠한 영향을 끼치는지 알아보고자 하였기에 동시입력방식을 이용하였다.

다중회귀모형의 적용성 검토는 일반적으로 수정결정계수를 사용한다. 수정결정계수는 단순회귀모형의 결정계수에서 설명변수가 많아질수록 결정계수 값이 커지는 점을 보완한 것으로 결정계수를 보정하는 역할을 한다.

수정결정계수(R_a^2)를 산정하는 공식은 Eq. (2)와 같다.

$$R_a^2 = 1 - \left(\frac{n-1}{n-k-1} \right) \frac{SSE}{SST} \quad (2)$$

여기서 n 은 자료의 수이며, k 은 설명변수의 수, SSE 는 오차제곱합(Sum of Squares error, SSE)과 SST 는 총제곱합(Sum of Squares Total, SST)를 나타내며, Eqs. (3) and (4)로 나타낼 수 있다.

$$SSE = \sum (y - \hat{y})^2 \quad (3)$$

$$SST = \sum (y - \bar{y})^2 \quad (4)$$

여기서 y 는 관측된 피해액, \hat{y} 는 예측한 피해액, \bar{y} 는 관측 피해액의 평균값을 나타낸다.

3. 자료 구축

3.1 피해 예측 사용 변수

앞에서 설명한 바와 같이, 대설 피해가 가장 많이 발생했던 충청도, 전라도, 강원도 지역을 대상으로 1994년부터 2015년까지 총 22년 동안 재해연보에 집계된 시군구별로 발생한 대설피해액을 종속변수로 추정하기 위한 다중회귀모형을 개발하였다. 피해액은 모두 해당 연도의 피해액으로 제시되기 때문에 Table 2와 같은 물가환산계수를 곱하여 2015년 생산자 물가지수로 환산하였다.

3.1.1 가상적인 요인

우리나라의 대설피해는 앞 절에서 언급한 바와 같이 주로 비닐하

Table 2. Producer Price Index by Year

Year	Producer Price Index
1994	1.6057
1995	1.5340
1996	1.4859
1997	1.4315
1998	1.2757
1999	1.3027
2000	1.2764
2001	1.2824
2002	1.2862
2003	1.2587
2004	1.1867
2005	1.1619
2006	1.1515
2007	1.1352
2008	1.0458
2009	1.0480
2010	1.0095
2011	0.9460
2012	0.9395
2013	0.9548
2014	0.9599
2015	1.0000

우스, 축사·잠사 및 기타 사유시설 항목에서 발생한다. 이들은 대부분 설하중에 의해 온실이나 축사 등이 붕괴되어 발생하는 피해가 대부분이므로, 적설하중에 영향을 미치는 인자들을 우선 선별해야 한다. 적설하중은 눈의 상태에 따라 크게 달라지는데, 일반적으로 건설인 경우와 습설인 경우 두 가지로 구분한다고 알려져 있다. Gooch (1999)에 따르면, 습기를 머금은 정도에 따라 달라지는 습설의 단위중량은 건설의 단위중량보다 약 7 배까지 더 나가는 것으로 알려져 있으며, Yu et al. (2014)에 따르면 영하 10°C 이하로 떨어지는 경우 건설로 보고, 영하 1°C에서 영상 1°C 사이에서는 습설일 확률이 높다. 즉 눈의 무게는 습도와 기온에 따라 달라질 수 있다고 추정할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 대설피해 유발인자의 기상적인 요인으로 최심신적설량, 최고기온, 최저기온, 상대습도를 고려하였다.

3.1.2 사회·경제적 요인

과거 대설피해는 주로 온실이나 축사·잠사 같은 농가의 경량시설물에서 발생하였다. 이러한 경량시설물의 피해가 큰 것은 다른 건축물에 비해 설계 적설 하중이 작기 때문이기도 하지만, 강설

시 제설작업이나 시설물의 노후도 등이 피해에 영향을 미치기 때문이기도 하다. 농촌지역에 노령인구가 많은 경우에는 신속한 제설작업이 쉽지 않을 것으로 예상하여 시군구의 면적과 비닐하우스 면적, 농가인구, 60세 이상 농가인구를 사회·경제적인 입력변수로 고려하였다.

4. 회귀분석

4.1 회귀분석 방법

농촌진흥청의 ‘지역별 원예특작시설물의 적설심 설계 기준’ (Rural Development Administration, 2014)에 따르면 최소 20~40 cm 이상의 설계 적설심이 제시되어 있음에도 불구하고, 재해연보의 비닐하우스 피해사상에 따른 기상청 적설심 데이터를 조사해보면, 관측된 적설심이 10 cm 미만인데도 큰 피해가 발생한 경우가 다수 존재한다. 그러므로 본 연구에서는 최소 설계 적설심인 20 cm의 절반 이하인 10 cm 이하에서 피해가 발생한 경우에는 단순히 적설로 인한 피해가 아니고 유기관리나 다른 외적인 영향에 의해 발생한 피해라고 가정하였다. 이런 종류의 피해를 예측하는 것은 거의 불가능하므로 적설심 10 cm 이하의 자료는 분석대상에서 제외하고, 적설심별 Case를 임의로 6개로 구분하였다. Case별 적설심은 10 cm 이상의 피해사상 모두를 고려한 Case 1, 13 cm 이상의 피해사상을 모두 고려한 Case 2, 15 cm 이상의 피해사상인 Case 3, 18 cm 이상의 피해사상인 Case 4, 20 cm 이상의 피해사상인 Case 5, 25 cm 이상의 피해사상인 Case 6로 구분하였으며, Case별 분석에 이용된 사상 개수를 Table 3에 나타내었다.

4.2 다중공선성 진단

다중회귀모형을 개발할 경우, 독립변수들 간의 상관관계로 인해 발생할 수 있는 다중공선성은 개발된 모형의 정확성을 떨어뜨리므로 다중공선성에 대한 검토가 필요하다. 다중공선이 크다는 것은 하나의 설명변수가 다른 설명변수에 의존한다는 것을 의미하며, 이는 회귀분석 설명변수들이 서로 독립이라는 가정에 위배되어 모형의 효율을 떨어뜨리는 요인이 된다. 다중공선성 진단은 설명변

Table 3. Number of Data by Criteria

Cases	Criteria	No. of Data
1	Over than 10 cm	342
2	Over than 13 cm	278
3	Over than 15 cm	229
4	Over than 18 cm	184
5	Over than 20 cm	162
6	Over than 25 cm	91

Table 4. Result of Multi-Collinearity

Independent variable	Result of Multi-Collinearity by Criteria (VIF Value)					
	Over than 10 cm	Over than 13 cm	Over than 15 cm	Over than 18 cm	Over than 20 cm	Over than 25 cm
Maximum Fresh Snow Depth	1.228	1.220	1.187	1.168	1.121	1.345
Maximum Temperature	1.648	1.837	2.000	2.218	2.357	3.267
Minimum Temperature	1.363	1.432	1.481	1.471	1.451	1.661
Relative Humidity	1.768	1.999	2.167	2.248	2.271	3.168
Area	1.358	1.418	1.506	1.538	1.527	1.661
Area of Greenhouse	1.252	1.334	1.364	1.463	1.575	1.611
Farming Population	1.906	2.050	2.168	2.253	2.429	8.815
Farming Population Older than 60	1.565	1.769	2.051	2.332	2.377	7.815

수들의 상관관계나 분산팽창계수(Variance Inflation Factor, VIF)를 통하여 조사할 수 있다. 분산팽창계수는 설명변수 간에 상관관계가 있을 경우 추정된 회귀 계수의 분산이 증가하는 정도를 측정한다. 일반적으로 분산팽창계수가 1이면 다중공선성이 존재하지 않음을 의미하며, 분산팽창계수가 10 이상인 경우에는 다중공선성에 문제가 있다고 판단한다.

선택된 8개 설명변수들에 대한 다중공선성 진단을 위해 VIF 값을 Table 4에 도시하였다. 모형 Case 별로 진단한 결과 대부분의 VIF 값이 3.0 미만으로 나타났으며, 가장 큰 값이 8.8로 10미만을 나타냈으므로 모든 설명변수들을 동시에 입력하는 방식의 다중회귀모형을 개발하여도 의미가 있을 것으로 판단하였다.

4.3 분석 결과

본 논문에서는 재난통계를 활용한 대설피해를 예측하기 위해 재해연보를 분석하였으며, 재해연보상 가장 피해가 자주 발생하는 시설물은 원예특작시설물임을 알 수 있었다. 또한 재해연보 대설피해 사상에 따른 기상청 강설량 관측값이 원예특작시설 최소 적설심 설계기준인 20 cm의 절반 이하인 경우가 다수 존재하여, 이에 따른 모형의 성능을 파악하고자 10~25 cm 사이 임의의 적설심 기준 6개의 Case를 분석한 결과는 Table 5, Fig. 2와 같다. 6개의 Case 모형 모두 F분포 유의 확률이 모두 0.05 이하로 통계적

Table 5. Results of Multiple Regression Analysis

Case	Criteria	P-value	Adjusted R^2 (R_a^2)
1	Over than 10 cm	0.000	0.250
2	Over than 13 cm	0.000	0.354
3	Over than 15 cm	0.000	0.420
4	Over than 18 cm	0.000	0.526
5	Over than 20 cm	0.000	0.564
6	Over than 25 cm	0.000	0.710

유의미한 것으로 나타났으며, 분석에 이용된 적설심 기준이 높아질 수록 높은 예측력을 나타냈다. 또한 적설심 18 cm 이하에 따른 피해사상을 고려한 모형의 경우 모형의 성능이 0.5 이하로 비교적 매우 낮았으며, 적설심 기준 18 cm 이상부터 성능이 0.5이상으로 향상돼 20 cm 이상의 기준에서 0.564, 25 cm 이상의 기준에서 0.710으로 적용성이 뛰어났다. 이는 원예특작시설 최소 설계기준 적설심인 20 cm 이하에서 발생한 피해사상은 적설심 이외의 다른 요인이 더 크게 작용했을 가능성이 있고, 18 cm나 20 cm를 고려한 모형의 경우 시설물의 노후화 및 관리소홀 등의 영향으로 인해 설계기준 이하에서 피해가 발생할 수 있지만, 본 연구에 활용한 설명변수로는 고려할 수 없기 때문에 모형의 성능이 저하되었을 것으로 판단된다. 그러나 설계기준을 초과한 25 cm 이상의 피해사상만을 이용하여 분석한 모형의 성능은 0.710이므로 적설하중으로 인한 대략적인 피해액 예측은 가능할 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 재해통계를 기반으로 다중회귀모형을 구축하여 대설피해액을 예측하고자 하였다. 과거 대설에 의한 피해 사례를 재해연보 기준으로 조사하여 피해가 상대적으로 빈번히 발생했던 충청도, 전라도, 강원도 지역의 피해 사례 총 342건을 대상으로 피해를 야기한 최심적설심 별 (최소 10 cm 이상의 적설심) 로 회귀모형을 구축하여 그 적용성을 평가하였다. 총 342개의 피해 자료를 모두 사용한 경우와 적설심이 13 cm 미만의 자료를 제거한 경우, 15 cm 미만의 자료를 제거한 경우, 18, 20, 25 cm 미만의 자료를 제거한 경우 등 총 6개의 개별적인 다중회귀모형을 구축하였다. 자료의 수가 가장 작은 적설심 25 cm 이상의 자료수도 91개로 회귀모형을 구성하는데 충분한 자료를 확보할 수 있었다. 대설피해액을 예측하기 위한 다중회귀모형의 설명변수로는 공통적으로 기상요소인 최심신적설량, 최고기온, 최저기온, 상대습도와 사회·

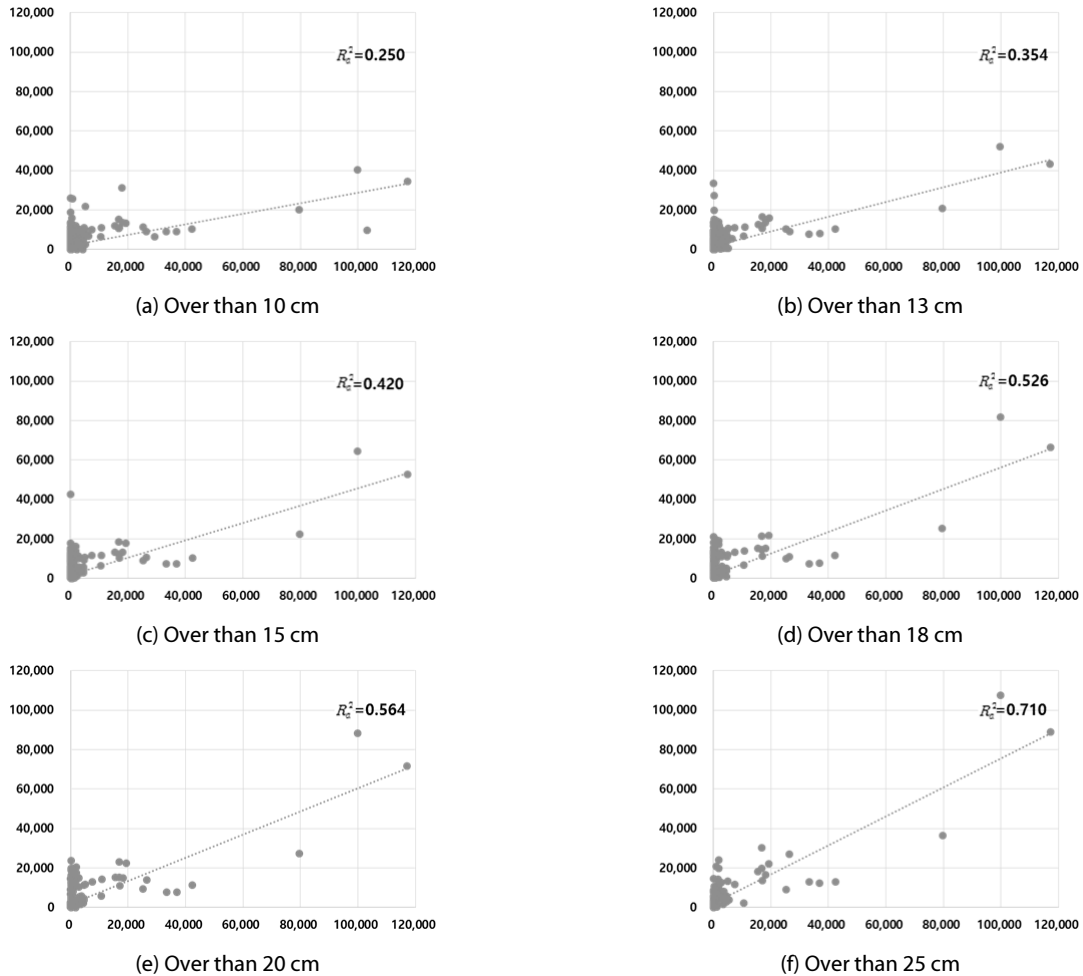


Fig. 2. Comparison of Observed (X-axis) and Calculated (Y-axis) Snow Damage using Multiple Regression Analysis (Unit : Million Won)

경제적인 요소인 시군구의 면적과 비닐하우스 면적, 농가인구, 60세 이상 농가인구 총 8개의 변수를 사용하였다. 적설심 기준 15 cm 이하의 자료까지를 포괄적으로 포함한 경우에는 예측력이 다소 떨어졌으나, 20 cm 이상의 적설심 사례만을 고려한 경우에는 56.4%의 예측력을 나타냈고, 25 cm에서는 71% 이상의 예측력을 나타냈으므로, 적설심이 25 cm 이상으로 큰 경우에는 본 연구에서 제안하는 모형을 통해 대략적인 피해액은 예측 가능할 것으로 판단되었다. 적설심 기록이 작은 경우까지를 모두 포함하였을 때 모형의 효율이 떨어지는 이유로는 피해를 유발한 주요 원인이 적설하중이 아닌 시설물 노후화나 유지관리 소홀인 경우가 포함되어 모형의 입력변수로 예측할 수 없는 경우를 포함하기 때문인 것으로 보였다. 이러한 모형의 오류는 향후 지속적인 대국민 홍보나 교육을 통해 피해 시설물 유지관리를 강화하여 저감할 수 있을 것이다. 그러나 적설심이 큰 경우에는 적설하중으로 인한 피해가 다수 존재하며, 이 경우를 대비하여 설계 기준 점검이나 체계적인

대설 피해 연구가 이루어져야 할 것으로 판단되었다. 향후 예측력을 높이기 위해 통계자료의 정확성을 향상시키고, 종합 대설피해액을 예측하는 것이 아닌 시설물별로 적설심 기준을 선정하여 예측한 후 종합하는 연구가 진행되어야 할 것이며, 보다 객관적인 적설심 기준 설정을 위해 각각의 시설물 별 설계기준을 고려한 기준 결정 방안이 제시되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구(MPSS-자연-2015-79) 및 정부(국민안전처)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임(MPSS-자연-2013-62).

References

- Choi, C. H., Bak, J. U., Kim, J. S., Kim, D. H. and Kim, H. S. (2016). "Development of heavy rain damage prediction function using generalized linear model." Proceedings of 2016 Korean Society of Civil Engineers Conference, Korean Society of Civil Engineers (in Korean).
- Gooch, C. A. (1999). "Heavy snow loads." Dairy Facilities/Environmental Management Engineering, Cornell University. Ithaca, NY.
- Jung, S. H., Yoon, J. S., Lee, J. W. and Lee, H. W. (2015). "Comparison and decision of exposure coefficient for calculation of snow load on greenhouse structure." *The Korean Society For Bio-Environment Control*, Vol. 23, No. 3, pp. 226-234 (in Korean).
- Kwon, S. H. and Chung, G. H. (2017). "Estimation of snow damages using multiple regression model - The case of gangwon province -." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 37, No. 1 (in Korean).
- Kwon, S. H., Kim, J. H. and Chung, G. H. (2016). "Snow damage estimation of Gangwon province damages using regression analysis." *Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 16, No. 2, pp. 437-443 (in Korean).
- Kim, J. S., Choi, C. H., Kim, D. H., Bak, J. U. and Kim, H. S. (2016). "Development rain damage prediction functions using artificial neural networks." Proceedings of 2016 Korean Society of Civil Engineers Conference, Korean Society of Civil Engineers (in Korean).
- Lee, Y. K., Lee, C. J. and Ahn, S. G. (2015). "Estimation of freshly fallen snow unit weight and maximum probable snow load." *Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 15, No. 1, pp. 47-55 (in Korean).
- Lee, K. M. and Lee, S. H. (2006). "The spatial distribution of snow fall and its development mechanism over the Honam area." *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 41, No. 4, pp. 457-469 (in Korean).
- Ministry of Public Safety and Security (MPSS) (2015). "The 2015 Annual Natural Disaster report." Ministry of Public Safety and Security (in Korean).
- Park, S. H. (2007). Regression Analysis, The Third Edition, Minyoungsa (in Korean).
- Rural Development Administration (RDA) (2014). Disaster type Standard Design and Specification in Horticultural Special Facility, Vol. 2014, No. 78.
- Shim, K. O. (2005). "Analysis the Probability of the Heavy Snowfall on March 2004." Proceedings of 2005 Korean Society of Civil Engineers Conference, Korean Society of Civil Engineers (in Korean).
- Toya, H. and Skidmore, M. (2007). "Economic development and the impacts of natural disasters." *Economic Letters*, 94, 20-25.
- Yu, I. S., Kim, H. Y., Imee, V. N. and Jeong, S. M. (2014). "Assessment and improvement of snow load codes and standards in Korea." *Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 34, No. 5, pp. 1421-1433 (in Korean).