강원지역 적설심과 눈밀도 산정을 통한 대설피해 해결방안 모색

Mitigation of Snow Damage in Gangwon by Analyzing Snow Density and Characteristics

이형주* · 정건희**

Lee, Hyeong Joo*, and Chung, Gunhui**

Abstract

Over the past 20 years, Korea has been endlessly damaged by heavy snow. The damages are significantly different between regions, and therefore, it is important to analyze and understand the characteristics of greenhouse and snowfall in those regions. Snow weight, which affects the amount of damage, varies up to seven times depending on temperature and humidity, in addition to the amount of snow. Therefore, in this study, snow depth and density were compared to determine a solution. Based on a disaster report and the data collected from the Korea Meteorological Administration, field surveys were conducted by classifying four administrative districts in Gangwon containing multiple greenhouses, and snowy areas were selected and sampled. Finally, the density of snow and snow depth were measured. The snow density increased proportionally to its depth. The results of this study could help provide solutions to snow damage in the future.

Key words : Snow Damage, Amount of Snow, Snow Density

요 지

지난 20년간 우리나라는 대설에 의해 끊임없는 피해를 겪어왔다. 우리나라에서의 대설에 의한 피해는 지역별로 확연한 차이가 나며, 이와 같이 지역별 강설 특성을 파악하기 위해서는 그 지역의 온실 및 강설의 특징을 분석하는 것이 중요하다고 판단되었다. 또한 피해 가중정도에 영향을 미치는 적설하중은 적설심 외에 온도, 습도 등에 따라 최대 7배까지 차이가 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 적설심과 눈 밀도를 비교분석하여 대설피해 해결방안을 모색하였다. 기상청자료와 재해연보를 바탕으로 다른 지역에 비해 상대적으로 강설량이 많고 피해가 자주 발생하는 강원도 지역을 선정하였다. 강원도 지역에서 비닐하우스가 많은 4개의 행정구역으로 분류하여 현장조사를 실시하였고, 최종적으로 적설량이 존재하는 지역을 선정하여 샘플링을 진행하였다. 결과적으로 채취한 적설심과 눈의 밀도를 측정해 비교한 결과 적설심이 깊어짐에 따라 눈의 밀도가 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구결과를 이용하여 추후 대설피해에 대한 해결방안 제시에 도움을 줄 것으로 판단된다.

핵심용어 : 대설피해, 적설하중, 눈 밀도

1. 서 론

전 세계적으로 지구온난화에 따른 급격한 기후변화로 인해 전 세계적으로 해수면 상승, 한파, 폭설, 가뭄, 국지적

집중호우, 홍수 등으로 다양하게 존재하며, 그 사상들의 강도와 빈도가 점차 증가하고, 사회·경제적으로 심각한 피해를 주고 있다(Ha et al., 2007; Kim et al., 2014). 이에 따라 우리나라 또한 자연재해에 대한 대응 및 대처 방안

*정회원, 호서대학교 토목공학과 석사과정(E-mail: tnwkdns2012@naver.com)

Member, The Master's Course, Department of Civil Engineering, Hoseo University

**교신저자, 정회원, 호서대학교 토목공학과 부교수(Tel: +82-41-54-5114, Fax: +82-41-540-5798, E-mail: gunhuic@gmail.com)

Corresponding Author, Member, Professor, Department of Civil Engineering, Hoseo University

관심이 많은 상황이다. 우리나라의 경우 2000년대 초반까지는 대설에 따른 피해빈도가 낮게 발생했으나, 그 이후부터 최근까지는 대설피해 빈도가 꾸준히 증가하였다. 과거 10년 동안(1995~2004) 우리나라에서 발생한 대부분의 자연재해는 홍수에 의한 것으로 총 피해의 83%이상을 차지하고 있지만(NEMA, 2012), 대설피해는 홍수피해에 이어 두 번째로 높았다. MPSS (2014)에 따르면 최근 10년 연평균 자연재해 피해액이 1.4조원 중 대설에 의한 피해액은 약 1,700억 원으로 전체 자연재해 피해액의 약 12%를 차지하고 있다. 특히 대설로 인해 발생하는 피해종류는 인명피해 및 도로 뿐만 아니라 주택, 건물, 비닐하우스, 축사 등 강설 중에 발생하는 피해가 아닌 적설심에 의해 적설하중을 받는 시설 재배 시설물의 피해가 주로 발생한다. 그 중 단연 피해가 큰 시설물은 비닐하우스와 축사, 잠사로 집계되어 있다.

기존 대설에 관한 연구를 살펴보면 Kim (2001)은 2001년도의 대설피해 현황을 조사하고, 피해를 입은 시설물에 대한 피해액과 복구액을 분석하였다. 이에 대한 시설물의 보완 대책과 대설피해를 최소화하는 방안을 제시하였다. 또한 Kwon and Chung (2017)은 다중회귀모형을 이용하여 대설피해액 추정을 위한 모형을 개발하여 그 적용성을 검토하였다. 대설에 관한 연구는 활발히 진행되고 있으나 대설피해표본이 적고 피해지점과 관측소사이의 거리가 멀어 정확한 피해 예측이 어려운 상황이다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 농업 생산량 중에서 비닐하우스와 같은 시설농업이 차지하는 비중이 매년 증가하고 있으며, 적설하중에 대한 대설피해정도의 차이가 크다고 판단되어 현장답사 및 다음과 같은 연구를 진행하였다. 과거 보고서를 찾아보면 초기의 강설은 밀도가 낮고 눈의 결정형태가 섬세하나 시간이 경과함에 따라 조악해지고 밀도가 증가하게 된다. 따라서 적설하중에 중점을 두고 본 연구에서는 강원도 지역의 적설심에 따른 눈의 밀도 비교 분석을 실시하였다. 기상청자료와 행정안전부에서 매년 발간하는 재해연보를 통해 다른 지역에 비해 상대적으로 강설량이 많고 피해가 자주 발생하는 강원도 지역을 선정하였다. 또한 샘플링을 통해 적설심을 채취하여 눈 밀도와 비교분석을 실시하여 결과를 도출하였다. 그 결과 적설심에 따른 밀도를 5회 반복 측정하여 적설심이 깊어짐에 따라 눈의 밀도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구결과를 바탕으로 적설하중 또는 적설밀도를 변수로 이용할 경우 모형의 성능이 향상될 것으로 판단되었고, 앞으로 우리나라에서 발생할 대설 피해에 대한 해결방안 제시에 도움을 줄 것으로 기대된다.

2. 자료구축 및 분석방법

2.1 대상구역 선정

행정안전부에서 매년 발간하는 재해연보를 통해 1994~2017년 사이의 대설피해 이력을 분석한 결과 경기도 200건,

경상북도 158건, 강원도 141건으로 나타났다. 또한 2000년부터 2008년까지 기상청자료를 바탕으로 각지역의 기간 중 최대 최심신적설량과 총 최심적설량 값을 비교한 결과 강원도의 기간 중 총 최심적설량의 값이 522.8 cm로 가장 높게 나타났으며, 기간 중 최대 최심신적설심이 44 cm로 폭설의 빈도가 다른 지역보다 높게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 강원도를 대상구역으로 선정하여 현장답사 및 샘플링을 진행하였다. Table 1은 각 지역의 1994~2017년 사이의 대설피해 이력 건수를 나타내었고 피해액이 존재하는 표본건수만 나타내었다.

Table 1. The Number of Snow Damage Incidents by 1994-2017

Region	The number of the snow damage occurrence
Gangwon-do	141
Gyeonggi-do	200
Gyeongsangnam-do	80
Gyeongsangbuk-do	158
Jeollanam-do	106
Jeollabuk-do	100
Chungcheongnam-do	111
Chungcheongbuk-do	50
Gwangju Metropolitan City	31
Daejeon Metropolitan City	15
Incheon Metropolitan City	1

2.2 농가 인구 조사

위에서 언급한 바와 같이 대상구역으로 선정한 강원도 지역에서 대설피해에 가장 취약하고 피해가 많은 비닐하우스 등 시설재배지역이 많고 행정구역과 농가인구가 많은 홍천, 강릉, 횡성, 평창 지역을 선정하여 현장답사를 실시하였다. 실시한 결과 4개의 행정구역 중 홍천지역의 농가수와 농가인구수가 각각 7,139가구, 17,000명으로 가장 많이 집계되었다. 또한 평창지역은 농가수와 농가인구수가 각각 4,310가구, 10,276명으로 가장 적게 집계되었다. Table 2와 Fig. 1은 현장답사를 실시한 4개의 행정구역의 농가수와 농가 인구수와 현장조사를 실시한 지역 중 적설이 존재하는 장소를 나타내었다.

Table 2. Number of Farm Households by Administrative Region

Administrative district	Number of Farm House	Number of Farmers
Hongcheon-gun	7,139	17,000
Gangneun-si	6,217	14,407
Hoengseong-gun	5,719	12,962
Pyeongchang-gun	4,310	10,276

Fig. 1. Gangwon-do Area Field Trip Photo

2.3 샘플링 절차

샘플링 박스 규격으로는 내측기준으로 가로 10 cm, 세로 10 cm, 높이 15 cm로 된 두꺼운 아크릴 직육면체 박스를 사용하였고, 측정 시 눈에 영향을 최소화하기 위해 하단 삽입부에 경사를 주었다. 가능한 많이 적설된 곳으로 이동하여 지면으로부터 수직으로 샘플링 박스를 삽입한 후 컷팅판을 이용하여 샘플을 채취한 뒤 무게와 적설심을 측정하였다. Fig. 2는 시료 채취 장면과 샘플링 BOX의 모양을 나타낸다. 눈이 쌓여 있는 곳의 눈을 가능하면 흐트러지지 않도록 샘플링 박스를 눈 위에 삽입하고, 하부에 컷팅판을 삽입한 후 측정된 박스 내 눈의 높이를 측정한다.

3. 분석 및 결과

각 지역마다 총 5회에 걸쳐 적설심과 눈의 밀도를 측정하

였다. 이번 현장답사는 작년과 다르게 강설량이 적어 시료가 존재하는 지역과 장소를 찾는 것에 어려움이 있었다. 그렇기 때문에 4개의 행정구역 중 평창군과 홍천군에 일부 지역만 눈이 존재하여 홍천군에서 1회, 평창군에서 3회 총 4회 샘플링 시료 채취를 진행하였다. 각 지역의 시료 채취 시 기온과 습도 그리고 적설심과 밀도 또한 Tables 3-6에 나타내었다. 앞서 언급한 바와 같이 본 연구는 2018년에 진행한 적설심에 따른 밀도변화 연구의 설명력을 높이기 위해 진행되었다. 작년에 진행한 샘플링은 각 지역에 따라 총 3회에 걸쳐 측정했다면 2019년은 각 지역별로 총 5회에 걸쳐 시료를 채취하여 분석할 수 있는 표본의 개수를 늘렸다. Fig. 3은 2018년의 적설심과 밀도 관계를 나타내었고 Fig. 4는 2019년의 적설심과 밀도 관계를 나타내었다.

Fig. 2. Sampling Box Shape and Sampling Scene

Table 3. Snow Density in Hongcheon County

Region	Odae mountain				
Temperature (°C)	-5				
Humidity (%)	23.2				
Count	1 time	2 time	3 time	4 time	
Sampling BOX depth (cm)	4.5	5.7	2.7	3.3	
Weight (g)	96.5	135.1	46	72	
Snow depth (cm)	6.9	7.4	4	5.8	
Density (g/cm ³)	0.214444	0.237018	0.17037	0.218182	

Table 4. Snow Density in Pyeongchang County

Region	Samyang Ranch Park				
Temperature (°C)	1.3				
Humidity (%)	18.9				
Count	1 time	2 time	3 time	4 time	5 time
Sampling BOX depth (cm)	8.1	8.6	9.7	9.1	8
Weight (g)	257.1	281.4	169.3	155.8	138.1
Snow depth (cm)	10	10	8.6	6.9	6.3
Density (g/cm ³)	0.317407	0.327209	0.174536	0.171209	0.172625

Table 5. Snow Density in Pyeongchang County

Region	Samyang Ranch Top				
Temperature (°C)	-0.1				
Humidity (%)	19.6				
Count	1 ime	2 time	3 time	4 time	5 time
Sampling BOX depth (cm)	4.3	4.5	3.4	1.1	1.3
Weight (g)	81.7	81.8	77.7	20.3	18.1
Snow depth (cm)	7	6.1	6	3.9	3.3
Density (g/cm ³)	0.19	0.181778	0.228529	0.184545	0.139231

Table 6. Snow Density in Pyeongchang County

Region	Singibongsan-ro, Buyeon-myeon, Pyeongchang-gun				
Temperature (°C)	-3				
Humidity (%)	28				
Count	1 time	2 time	3 time	4 time	5 time
Sampling BOX depth (cm)	1.5	1.3	1	1	1
Weight (g)	14.3	12.3	11.8	11.6	9.9
Snow depth (cm)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Density (g/cm ³)	0.095333	0.094615	0.118	0.116	0.099

Fig. 3. Snow Density in Gangwon-do 2018, South Korea **Fig. 4.** Snow Density in Gangwon-do 2019, South Korea

4. 결 론

본 연구에서는 대설로 인한 피해 중 가장 많은 비율을 차지하고 비닐하우스 피해의 가장 큰 원인인 적설심의 밀도를 계산하기 위해 적설량이 많고 원예특작시설물이 밀집되어 있는 강원도 지역을 선정하여 현장답사를 실시하였다. 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 시설재배면적이 넓고 농가 인구수가 많은 홍천, 강릉, 횡성, 평창지역을 선정하여 현장답사를 진행하였지만, 샘플링을 진행하기 위해서는 적설이 존재하는 지역이 필요해 답사 중 적설이 존재하는 지역을 선정하여 현장답사를 진행하였다. 샘플링 박스 규격은 내측 기준으로 가로 10 cm, 세로 10 cm, 높이 15 cm 규격으로 아크릴 소재인 직육면체 상자를 이용하였다. 삽입 시 눈의 영향을 최소화하기 위해 하단 삽입부에 경사를 주고 가능한 적설량이 많은 곳으로 지면으로부터 수직으로 샘플링 박스를 삽입하였고, 삽입 후 커팅판을 이용하여 샘플을 채취한 뒤 무게와 적설심을 측정하였다. 측정 결과 강원도 지역은 강원도 지역은 강설 이후 시간이 지나 눈의 표면상태가 단단하여 샘플링을 진행하면서 부서짐이 발생하는 등 많은 어려움이 있었다. 따라서 각 지역마다 총 5회에 걸쳐 샘플링을 진행하여 적설심에 따른 눈의 밀도를 측정하였다.

샘플링을 진행하여 적설심과 눈의 밀도를 분석한 결과 적설심이 깊어짐에 따라 눈의 밀도가 증가하는 것으로 나타났다. 밀도는 $0.096 \sim 0.18 \text{ g/cm}^3$ 사이의 값으로 나타났고 눈의 표면 상태가 좋지 않아 채취에 어려움이 있었다. 가장 큰 문제점은 2019년도 강원도 지역만이 아니라 전국에서 눈이 많이 오지 않아 샘플링 장소를 선별하는데 있어 큰 어려움이 있었다. 또한 2018년 결과와 2019년 결과를 비교한 결과 같은 적설심에서 눈의 밀도가 상이하다는 것을 판단하였고, 그 이유는 적설의 시간과 기상조건이 달라 밀도의 차이가 발생한다는 것을 확인하였다. 다음 연구에서 표본을 추가하여 모든 표본의 눈 밀도와 적설심과의 관계를 도출할 예정이다.

현재 우리나라는 시설재배를 통한 농업 생산량이 매년 증가하고 있으며, 대설에 의한 피해비중을 대부분 비닐하우스나 원예특작시설이 차지하고 있다. 따라서 대설피해를 예방하기 위해서는 비닐하우스의 설계기준 확립이 매우 중요하다. 또한 비닐하우스는 적설하중에 의해 큰 피해를 야기하는 것으로 나타나 눈의 밀도 역시 비닐하우스 설계기준에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 시간, 습도, 적설심에 큰 영향을 받는 눈의 밀도를 이용하여 현재 진행되고 있는 대설연구의 하나의 설명변수 또는 현재 확립되어 있는 취약시설 설계기준에 적용한다면 각 지역의 지방자치

단체의 방재 정보로 활용할 수 있겠으며, 비닐하우스가 밀집되어있는 대설취약지역을 사전에 파악하여 예방 및 대비가 가능하게 할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 행정안전부 재난예측및저감연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(MOIS-재난-2015-05).

References

- Gooch, C.A. (1999). *Heavy snow loads*. Dairy Facilities/Environmental Management Engineering, Cornell University, Ithaca, NY, USA.
- Ha, R., Shin, H.J., and Kim, S.J. (2007). Proposal of prediction technique of future vegetation information by climate change using satellite image. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 10 No. 3, pp. 58-69.
- Kim, H.D. (2001). Damage and measures of heavy snow and agro-livestock facilities. *Korean Society of Civil Engineers Magazine*, Vol. 49, No. 4, pp. 52-53.
- Kim, J.S., Kim, H.Y., and Lee, S.H. (2014). A review on improvements of climate change vulnerability analysis methods: Focusing on sea level rise disasters. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 17, No. 1, pp. 50-60.
- 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, pp. 61-72.
- Ministry of Public Safety and Security (MPSS). (2014). *The 2013 annual natural disaster report*.
- National Emergency Management Agency (NEMA). (2012). *The development of heavy snowfall casualty minimization policies and optimal road snow removal systems considering climate change*.

Received	October 11, 2019
Revised	October 15, 2019
Accepted	November 14, 2019