

한국의 적설하중 기준에 대한 평가 및 개선방안

유인상* · 김하룡** · Imee V. Necesito*** · 정상만****

Yu, Insang*, Kim, Hayong**, Imee V. Necesito***, Jeong, Sangman****

Assessment and Improvement of Snow Load Codes and Standards in Korea

ABSTRACT

In this study, appropriate probability distribution and parameter estimation method were selected to perform snowfall frequency analysis. Generalized Extreme Value (GEV) and Probability Weighted Moment Method (PWMM) appeared to be the best fit for snowfall frequency analysis in Korea. Snowfall frequency analysis applying GEV and PWMM were performed for 69 stations in Korea. Peak snowfall corresponding to recurrence intervals were estimated based on frequency analysis while snow loads were calculated using the estimated peak snowfall and specific weight of snow. Design snow load map was developed using 100-year recurrence interval snow load of 69 stations through Kriging of ArcGIS. The 2009 Korean Building Code and Commentary for design snow load was assessed by comparing the design snow loads which calculated in this study. As reflected in the results, most regions are required to increase the design snow loads. Thus, design snow loads and the map were developed from based on the results. The developed design snow load map is expected to be useful in the design of building structures against heavy snow loading throughout Korea most especially in ungaged areas.

Key words : Design snow load map, Frequency analysis, Snowfall, Probability distribution

초 록

본 연구에서는 적설심 빈도분석을 수행하기 위해 우리나라에 가장 적합한 확률분포형과 모수추정방법을 선정하였다. 최적확률분포형으로는 Generalized Extreme Value (GEV), 모수추정방법으로는 확률가중모멘트법이 선정되었다. 선정된 확률분포형과 모수추정방법을 적용하여 우리나라 69개 기상관측소별 적설심 빈도분석을 수행하였다. 빈도분석을 통해 관측소별 빈도별 적설심을 산정하였고 적설심과 눈의 단위중량을 이용하여 적설하중을 산정하였다. 산정된 적설하중 중 100년 빈도 적설하중을 이용하여 ArcGIS 크리깅(Kriging) 기법을 통해 우리나라 설계적설하중 지도를 작성하였다. 또한, 본 연구를 통해 산정된 적설하중과 건축구조기준 및 해설(2009)에서 제시하고 있는 설계적설하중을 비교하여 설계적설하중 기준의 적정성을 평가하였다. 평가결과, 대부분의 지역에서 현재 지상적설하중 기준의 상향조정이 요구되었으며 본 연구를 통해 도출된 결과를 반영하여 보다 합리적인 지역별 설계적설하중을 제안하였다. 본 연구를 통해 제안된 지역별 설계적설하중은 폭설에 대비한 우리나라 전역의 구조물 설계에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

검색어 : 설계적설하중지도, 빈도분석, 적설심, 확률분포

* 정회원 · 공주대학교 건설환경공학과 박사과정 (Kongju National University · isyu@kongju.ac.kr)

** 공주대학교 건설환경공학부 방재연구센터 연구원 (Kongju National University · civilkhy@kongju.ac.kr)

*** 공주대학교 건설환경공학과 석사과정 (Kongju National University · imee@kongju.ac.kr)

**** 정회원 · 교신저자 · 공주대학교 건설환경공학부 교수 (Corresponding Author · Kongju National University · smjeong@kongju.ac.kr)

Received March 27, 2014/ revised May 19, 2014/ accepted July 13, 2014

1. 서론

최근 전 세계적인 기후변화로 인하여 태풍, 호우를 비롯한 폭설, 한파 등과 같은 자연재난의 빈도와 그 규모가 증대되고 있다. 소방방재청의 재해연보에 따르면 과거 10년간(1993년-2002년)의 자연재해 원인별 피해액은 태풍, 호우, 폭풍, 기타(대설포함) 순이었으나 최근 10년간(2003년-2012년)의 피해액은 태풍, 호우, 대설, 풍랑, 강풍 순으로 대설에 의한 피해액의 비중이 점차 증가하고 있다. 이와 같은 폭설 피해의 증가는 인간 생활에 다양하게 영향을 미치고 있다(Changmon, 1979; Schmidlin, 1993). 그 중 2001년 1월 7일에는 전국적으로 폭풍을 동반한 폭설로 인하여 주택, 비닐하우스 등 6,590억원의 피해액이 발생하였으며, 2004년 3월 4일에는 중부지방에 폭설이 내려 교통과 도로가 마비되었고, 2011년 1월과 2월에 발생한 폭설로 인하여 부산, 강원과 포항 지역의 농업 시설, 포항 제철소와 철강공단 내 도로가 마비되는 피해를 입었다(Kim et al., 2012). 최근인 2014년 2월 13일에는 울산시 북구에 위치한 효문공단 등 7개 공장이 지붕에 쌓인 눈의 적설하중을 견디지 못하고 붕괴되었으며 2014년 2월 17일에는 경주의 마우나오션 리조트 체육관이 같은 이유로 지붕이 붕괴되어 10명이 숨지고 128명이 중경상을 입는 대규모 인명피해가 발생하였다. 대한건축학회(Architectural Institute of Korea (AIK), 2009)에 따르면 두 지역의 구조물 지상적설하중기준은 0.5kN/m^2 로 해당지역의 적설하중 기준이 적정하게 설정되었는지에 대한 의문이 제기되고 있다. 폭설에 대한 구조물의 피해를 저감하기 위한 연구로는 Jung and Teng (2010)이 적설하중이 작용하는 비닐하우스 골조에 대한 강선 보강 관련 연구를 수행한 바 있으며, Lee et al. (2006)은 적설하중이 재하될 경우의 파이프로하우스에 대한 구조해석을 수행한 바 있다. 특정 지역을 중심으로 폭설에 대해 분석한 연구로는 Koo et al. (2013)이 부산광역시를 대상으로 폭설에 의한 도시의 설해취약지역을 선정하고 위험도를 평가하였으며, Go et al. (2009)은 겨울철 한국 서부연안지역의 적설과 해양기상 요소와의 상관관계에 대해 분석한 바 있다. 또한 Lee and Lee (2006)는 지역별 강설 분포 차이를 분석하고 이에 대한 원인을 파악한 바 있으며, Shim (2005)은 2004년 3월 폭설을 대상으로 최심신적설을 이용하여 강원, 충북, 대전, 충남 그리고 경북의 확률강설량을 분석한 결과, 국지적으로 재현기간 200년 빈도를 넘어선 것으로 분석하고 있다. 폭설에 의한 연구는 아직까지 활발하게 진행되고 있지 않고 있는데 그나마도 적설하중에 의한 구조물의 구조적인 해석에 대한 연구와 특정 지역에 대한 적설양상, 취약도분석 등에 대한 연구가 대부분을 차지하고 있다. 건축구조기준 및 해설(AIK, 2009)에서는 폭설에 안전한 구조물을 설계하기 위한 적설하중 기준으로 100년 빈도에 해당하는 적설심을 단위면적당 무게(kN/m^2)로 환산하여

제시하고 있다. 그러나 100년 빈도의 적설심 산정시 확률분포형의 적합도 검증을 거치지 않고 있다. 이에 따라 소방방재청(National Emergency Management Agency (NEMA), 2009)은 확률분포형의 적합도 검증절차 없이 Gumbel 분포를 적용하여 전국을 대상으로 적설심 빈도분석을 수행한바 있어 이에 대한 개선이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 지역별 지상적설하중을 산정하기 위하여 우리나라 90개 기상관측소 중 20년 이상의 적설심 자료를 보유한 69개 기상관측소를 선정하였다. 선정된 기상관측소의 연최대치 적설심을 구축하여 우리나라에 가장 적합한 확률분포형과 모수추정방법을 선정하였다. 선정된 확률분포형 및 모수추정방법을 바탕으로 69개 기상관측소별 빈도분석을 수행하여 빈도별 적설심을 산정하였다. 본 연구를 통해 산정된 빈도별 적설심 중 적설하중설계 기준빈도인 100년 빈도에 해당하는 적설심을 단위면적당 하중으로 계산하여 현재 건축구조기준 및 해설(AIK, 2009)에서 제시하고 있는 지역별 지상적설하중 기준 값과 비교하여 설계기준의 적정성을 평가하고 보다 적합한 설계적설하중을 제안하였다. 본 연구를 통해 제안된 설계적설하중은 미계측지역을 포함한 우리나라 전역의 폭설에 대비한 구조물 설계 시 활용이 가능할 것으로 예상된다.

2. 기상관측소 선정 및 자료구축

기상관측소의 보유 자료가 많을수록 빈도분석 결과의 신뢰도는 높아진다. 이에 따라 우리나라 90개 기상관측소 중 1960년~2013년 20년 이상의 적설심을 보유하고 있는 69개의 기상관측소를 Fig. 1과 같이 선정하였다. 빈도분석에 이용될 수 있는 시계열은 크게 2가지로 1년 중 가장 큰 값을 사용하는 연최대치계열(Annual Maximum Series, AMS)과 임계값을 초과하는 자료를 취하는 연초과치계열(Partial Duration Series, PDS)이 있다. 연초과치계열은 임계값 설정시 빈도분석을 수행하는 연구자의 주관적 판단이 개입될 수 있기 때문에 일반적으로 빈도분석에는 연최대치 계열을 사용한다. 본 연구에서도 빈도분석을 위해 69개 관측소별 연최대치 적설심 자료를 이용하였다.

적설심 빈도분석을 위해 선정된 69개 기상관측소 중 연최대치 적설심 자료보유기간이 가장 긴 관측소는 서울, 인천, 울릉도 관측소 등으로 총 54개년의 자료를 보유하고 있으며 관측기간이 가장 짧은 관측소는 동해 관측소로 총 20개년의 자료를 보유하고 있다. 전체 관측소 중 울릉도에서 가장 높은 연최대치 적설심인 293.6cm가 관측되었으며 제주 서귀포, 전남 고흥, 경북 울진 등에서 가장 낮은 연최대치 적설심인 0.2cm가 관측되었다. 관측소 전체의 평균 연최대치 적설심은 Table 1과 같이 13.9cm이며 표준편차는 19.3cm로 나타났다.

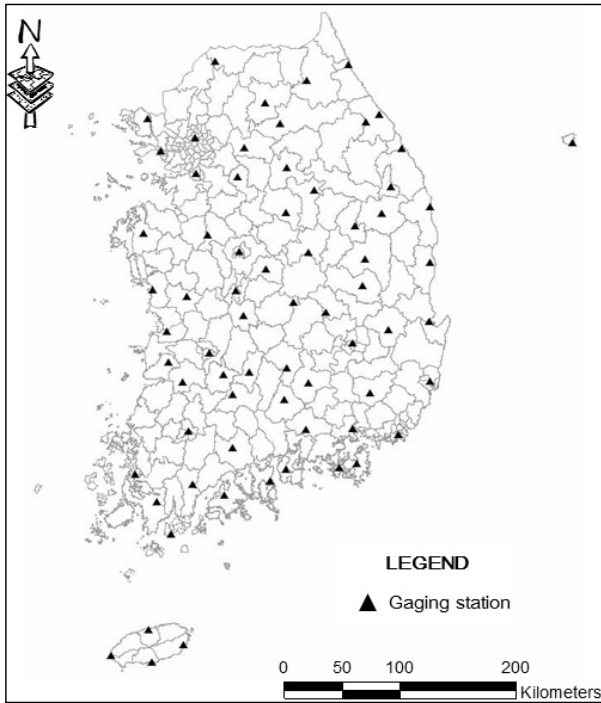


Fig. 1. Location of Snowfall-Gaging Stations Used for Snowfall Frequency Analysis

Table 1. Characteristics of Annual Maximum Series of the Stations with over 20 years of Snowfall Data

Maximum observation period, in year	Minimum observation period, in year	Maximum snowfall, in cm	Minimum snowfall, in cm	Average snowfall, in cm	Standard deviation, in cm
54	20	293.6	0.2	13.9	19.3

3. 최적확률분포형 및 모수추정방법 선정

빈도분석시 동일한 자료를 사용할지라도 적용된 확률분포형과 모수추정방법에 따라 그 결과는 상이하게 달라진다. 따라서 해당 자료에 가장 적합한 확률분포형 및 모수추정방법의 선정은 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 적설심의 연최대치 계열을 빈도분석하기 위해 극치계열의 빈도분석에 탁월하고 세계적으로 널리 사용되는 6가지 확률분포형과 2가지 모수추정방법을 적용하였다. 6가지 확률분포형은 Generalized Extreme Value (GEV), Type-I Extreme Value (Gumbel), Type-III Extreme Value (Weibull), 2-parameters Gamma, 3-parameters Gamma, Log Pearson TypeIII이며 2가지 모수추정방법은 모멘트법(Method of Moment)과 확률가중모멘트법(Probability Weighted Moment Method)이다. 모수추정방법 중 최우도법(Method of Maximum Likelihood)은 표본자료의 크기가 작을 때 비효율적이며 해를 구하

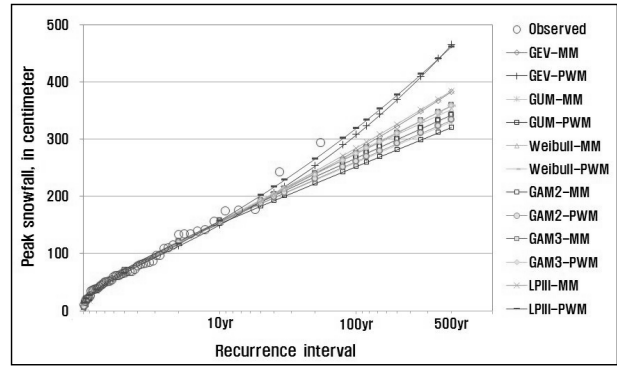


Fig. 2. Probability Distributions Fitted to the Logarithms of Peak Snowfall for Ulleungdo Station

기 위해서는 Newton-Raphson 방법을 사용하는 등 절차가 복잡하며, 때로는 수렴이 되지 않아 해를 구하지 못하는 경우가 발생하기 때문에 본 연구에서는 제외하였다(Yoon, 2007).

3.1 최적확률분포형 및 모수추정방법 선정 기법

기상관측소의 적설심 자료에 가장 적합한 확률분포형 및 모수추정방법을 선정하기 위해 6가지 확률분포형 및 2가지 모수추정방법을 적용하여 빈도분석을 수행하였다. 69개 관측소 중 대표적으로 울릉도 관측소의 적설심 빈도분석결과를 Fig. 2에 제시하였으며 빈도분석 결과 총 12가지 빈도별 적설심 곡선이 추정되었다. 최적확률분포형 및 모수추정방법 선정 기법은 12가지 빈도별 적설심 추정곡선과 실측치 자료와의 오차를 분석하고 오차가 가장 작은 적설심 곡선을 선정하는 방법이다. 여기서, 실측치는 1960년부터 2013년(54개년) 동안 울릉도 기상관측소에서 수집한 실측 연최대치 적설심 자료를 말하며 추정곡선은 54년 동안의 실측 연최대치 적설심 자료에 12가지 확률분포형을 적용하여 추정한 곡선을 말한다. 실측치와 12가지 추정치의 오차를 분석하는 지표는 상대제곱근 오차(Root Mean Square Error, RMSE), 결정계수(Coefficient of Determination, R^2), 변동계수(Coefficient of Variation, C_v), 왜곡도계수(Skewness Coefficient, C_s), 첨예도계수(Kurtosis, C_k) 5가지로 선정하였다. 상대제곱근오차(RMSE)와 결정계수(R^2)는 실측구간의 실측적설심과 12가지의 추정적설심과의 오차를 산정하기 위해 선정된 지표이다. 변동계수(C_v), 왜곡도계수(C_s), 첨예도계수(C_k)는 확률분포형의 모수로 사용되며 확률분포형의 형태를 결정짓는 중요한 변수(parameter)로 추정구간의 실측치와 추정치의 오차를 산정하기 위해 선정된 지표이다. Fig. 2 범례의 GEV는 Generalized Extreme Value, GUM은 Gumbel, Weibull은 Weibull, GAM2는 2-parameters Gamma, GAM3는 3-parameters Gamma, LPIII는 Log Pearson TypeIII이며 MM은 모멘트법, PWM은 확률가중모멘트법을 나타낸다.

3.2 최적확률분포형 및 모수추정방법 선정 결과

실측 적설심과 12가지 확률분포형 및 모수추정방법에 의한 추정치의 5가지 오차지표에 따른 오차 분석을 69개 관측소를 대상으로 수행하였으며 대표로 울릉도 관측소에 대한 분석결과를 Table 2에 나타내었다. Table 2의 오차(Error)는 실측치와 추정치와의 오차이며 순위(Ranking)는 분포형별 오차를 오름치순으로 정렬하여 가장 오차가 작은 분포형에 1순위를, 가장 오차가 큰 분포형에 12순위를 부여하였다. 정확도(Accuracy)는 오차순위 별로 1~0의 실수를 각분포형에 부여한 값이며 오차가 가장 작은 1순위 분포형에 1.00 (12/12)을 부여하고 2순위 분포형에 0.92 (11/12), 11순위 분포형에 0.17 (2/12), 12순위 분포형에 0.08 (1/12)을 부여하였다. 각 5가지 지표의 정확도(Accuracy)를 평균하여 Table 2 Total의

평균정확도(Average Accuracy)란에 나타내었으며 이 평균정확도를 내림치순으로 정렬하여 가장 정확한 확률분포형의 순위를 결정하였다. 울릉도 기상관측소의 경우 확률가중모멘트법에 의한 Log-Pearson TypeIII 분포형이 가장 적합한 것으로 나타났으며 다음 순위로는 확률가중모멘트법에 의한 Generalized Extreme Value 분포가 정확한 것으로 나타났고, 확률가중모멘트법에 의한 Gumbel 분포가 가장 부정확한 것으로 나타났다. Table 2는 69개 기상관측소 중 대표로 울릉도 관측소의 최적확률분포형을 분석한 결과로 나머지 68개 기상관측소에 대해서도 Table 2와 같이 분석을 수행하였다.

본 연구에서 선정된 69개 각각의 기상관측소별 평균정확도(Average Accuracy)를 평균하여 내림치순으로 정렬하고 정확도

Table 2. A Method for Accuracy Analysis of Probability Distribution for Snowfall Frequency Analysis for Ulleungdo Station

Error indicator		GEV		GUM		Weibull		GAM2		GAM3		LPIII		Observed
		MM	PWM	MM	PWM	MM	PWM	MM	PWM	MM	PWM	MM	PWM	
RMSE	Error	0.1372	0.0666	0.2753	0.2178	0.1417	0.1508	0.1024	0.0821	0.0961	0.0965	0.0833	0.0935	-
	Ranking	8	1	12	11	9	10	7	2	5	6	3	4	
	Accuracy	0.42	1.00	0.08	0.17	0.33	0.25	0.50	0.92	0.67	0.58	0.83	0.75	
R^2	R^2	0.9877	0.9947	0.9773	0.9773	0.9897	0.9903	0.9853	0.9853	0.9341	0.9898	0.9921	0.9949	-
	Ranking	7	2	10	11	6	4	8	9	12	5	3	1	
	Accuracy	0.50	0.92	0.25	0.17	0.58	0.75	0.42	0.33	0.08	0.67	0.83	1.00	
C_v	Estimated	0.642	0.644	0.649	0.623	0.650	0.652	0.650	0.633	0.644	0.644	0.640	0.674	C_v : 0.696
	Error	0.055	0.053	0.047	0.073	0.047	0.044	0.046	0.063	0.052	0.053	0.057	0.023	
	Ranking	9	8	5	12	4	2	3	11	6	7	10	1	
	Accuracy	0.33	0.42	0.67	0.08	0.75	0.92	0.83	0.17	0.58	0.50	0.25	1.00	
C_s	Estimated	1.061	1.434	0.785	0.785	1.215	1.247	1.007	1.007	1.177	1.177	1.264	1.497	C_s : 1.635
	Error	0.574	0.201	0.850	0.850	0.420	0.388	0.628	0.628	0.458	0.458	0.371	0.138	
	Ranking	8	2	12	11	5	4	9	10	7	6	3	1	
	Accuracy	0.42	0.92	0.08	0.17	0.67	0.75	0.33	0.25	0.50	0.58	0.83	1.00	
C_k	Estimated	1.178	2.463	0.449	0.449	1.234	1.334	0.788	0.788	1.225	1.225	1.611	2.509	C_k : 3.297
	Error	2.119	0.834	2.848	2.848	2.063	1.963	2.509	2.509	2.073	2.073	1.686	0.788	
	Ranking	8	2	12	11	5	4	9	10	7	6	3	1	
	Accuracy	0.42	0.92	0.08	0.17	0.67	0.75	0.33	0.25	0.50	0.58	0.83	1.00	
Total	Average Accuracy	0.42	0.83	0.23	0.15	0.60	0.68	0.48	0.38	0.47	0.58	0.72	0.95	-
	Ranking	9	2	11	12	5	4	7	10	8	6	3	1	

Table 3. Selection of Appropriate Probability Distribution of Korea for Snowfall Frequency Analysis

Distribution		GEV		GUM		Weibull		GAM2		GAM3		LPIII	
		MM	PWM	MM	PWM	MM	PWM	MM	PWM	MM	PWM	MM	PWM
Total	Average Accuracy	0.4565	0.7012	0.3539	0.3343	0.6085	0.6978	0.5401	0.5592	0.4452	0.5406	0.6647	0.5229
	Ranking	9	1	11	12	4	2	7	5	10	6	3	8

가 높은 순으로 순위를 부여하여 Table 3 평균정확도(Average Accuracy)에 나타내었다. 적설심 빈도분석을 위한 우리나라에 가장 적합한 확률분포형은 확률가중모멘트법에 의한 Generalized Extreme Value 분포로 분석되었으며 확률가중모멘트법에 의한 Weibull 분포, 모멘트법에 의한 Log-Pearson TypeIII 분포도 정확도가 높은 것으로 나타났다. 반면에 Gumbel 분포는 가장 낮은 정확도를 보였다. 그러므로 본 연구에서는 확률가중모멘트법에 의한 Generalized Extreme Value 분포를 통한 적설심 빈도분석을 수행하였으며 선정된 확률분포형 및 모수추정방법의 기본 이론에 대해서는 3.3절에 설명하였다.

3.3 최적확률분포형 및 모수추정방법 기본이론

3.3.1 Generalized Extreme Value 확률밀도 함수

극치분포는 자료의 최대치 또는 최소치 등의 극치자료를 분석하는데 흔히 사용되며 여러 형태의 분포가 있다. 극치분포의 일반적인 형태인 Generalized Extreme Value의 확률밀도함수는 축척매개변수 α 와 형상매개변수 β , 위치매개변수 x_o 의 함수로 구성되어 있으며 확률밀도함수와 누가확률밀도함수는 Eqs. (1) and (2)와 같다. 임의의 변량 x 값을 산정하기 위해 누가확률밀도함수[Eq. (2)]를 x 에 관하여 정리하면 Eq. (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - \beta \left(\frac{x - x_o}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{\beta} - 1} e^{-\left[1 - \beta \left(\frac{x - x_o}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{\beta}}} \quad (1)$$

$$F(x) = e^{-\left[1 - \beta \left(\frac{x - x_o}{\alpha} \right) \right]^{\frac{1}{\beta}}} \quad (2)$$

$$x = x_o + \frac{\alpha}{\beta} \left[1 - \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right\}^{\beta} \right] \quad (3)$$

여기서, α 는 축척매개변수, β 는 형상매개변수, x_o 는 위치매개변수, T 는 재현기간이다.

3.3.2 확률가중모멘트법에 의한 모수추정

확률가중모멘트법에 의한 모수는 L -모멘트법에 의해 표본자료의 1차, 2차 L -모멘트인 l_1, l_2 그리고 왜곡도계수 τ_3 를 산정하여 Eqs. (4)-(7)의 순서대로 산정한다.

$$C = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\ln 2}{\ln 3} \quad (4)$$

$$\beta = 7.8590C + 2.9554C^2 \quad (5)$$

$$\alpha = \frac{l_2 \beta}{\Gamma(1 + \beta)(1 - 2^{-\beta})} \quad (6)$$

$$x_o = l_1 + \frac{\alpha}{\beta} [\Gamma(1 + \beta) - 1] \quad (7)$$

여기서, l_1, l_2 는 각각 1차 및 2차 L -모멘트이며 τ_3 는 L -왜곡도계수로 l_3/l_2 이다.

4. 빈도별 적설심 및 설계적설이중 산정

4.1 빈도별 적설심 산정

우리나라에 가장 적합한 확률분포형으로 분석된 확률가중모멘트법에 의한 Generalized Extreme Value 분포를 통하여 69개 기상관측소에 대해 빈도분석을 수행하였다. 적용빈도는 Table 4에 제시한 바와 같이 30년, 50년, 80년, 100년, 200년, 500년 빈도이다. 건축구조기준 및 해설(AIK, 2009)에서 제시하고 있는 구조물의 설계빈도인 100년 빈도를 기준으로 가장 큰 적설심이 산정된 관측소는 울릉도 관측소로 307cm로 산정되었으며 두 번째로 큰 적설심이 산정된 관측소는 대관령 관측소로 225cm, 세 번째로 큰 적설심이 산정된 관측소는 강원도 동해 관측소로 160cm로 산정되었다. 가장 작은 적설심이 산정된 관측소는 제주도의 고산 관측소로 8cm로 산정되었다.

적설심 지도를 산정하기 위해 빈도별 적설심을 각 기상관측소 위치를 기준으로 보간 하였다. 일반적인 보간방법에는 Thiessen (1911)의 티센폴리곤, Shepard (1968)의 역거리가중법(Inverse Distance Weighting), Krige (1951)의 크리깅(Kriging), Lyche and Schumaker (1972)의 스플라인(Spline) 등이 활용되어 왔다. 티센폴리곤은 지도 위의 관측소를 서로 선으로 연결하고 연결된 선의 이등분점을 연결하여 만들어진 다각형의 면적을 관측소의 가중치로 결정하는 방법이며, 역거리가중법은 가까운 거리의 관측소에 상대적으로 많은 가중치를 부여하여 보간 지점의 수치를 결정하는 방법이다. 역거리가중법은 통계적 보간 방법 중 가장 간단하기 때문에 다양한 연구 분야 및 실무에서 폭 넓게 활용되고 있다. 크리깅 기법은 국지적인 보간 방법중의 하나로 미조사지점의 예측값을 주변의 관측지점의 값의 선형가중합수를 통해 산출하는 대표적인 지리통계적 보간방법이다(Park et al., 2012; Kim et al., 2013). 크리깅 보간 방법은 지질학 분야에서 시작되어 강수의 보간을 포함한 다양한 분야에 적용되고 있다(Lee and Lee, 2005; Kim et al., 2005; Lee, 2008; Kim, 2010a, 2010b; Lee, 2010). 지금까지의 연구에 의한 보간 결과는 역거리가중법 또는 스플라인을 이용했을 때 보다 크리깅 보간 방법을 이용하였을 때 정확도가 높은 것으로 조사되었다(Hevesi et al., 1992; Briggs and Cogley,

1996; Goovaerts, 2000; Lee, 2003; Cho and Jeong, 2006; Park and Kim, 2013). 이와 같은 이유로 본 연구에서는 보간 방법으로 크리깅 보간 방법을 선정하였으며, ArcGIS 프로그램을 통하여

보간 작업을 수행하여 Fig. 3과 같이 빈도별 적설심 지도를 작성하였다. 빈도별 적설심 지도는 기상관측소가 존재하지 않는 미계측지역의 빈도별 적설심을 추정할 때 유용하게 활용될 것으로 판단된다.

Table 4. Peak Snowfall by Recurrence Intervals in 69 Gaging Stations

Province	Stations	Recurrence interval, in year						Province	Stations	Recurrence interval, in year					
		30	50	80	100	200	500			30	50	80	100	200	500
		Peak snowfall, in cm								Peak snowfall, in cm					
Gyeonggi	Seoul	26	30	34	36	43	54	Jeon nam	Gwangju	36	41	46	48	56	68
	Incheon	24	28	30	32	36	43		Mokpo	36	42	48	51	61	76
	Suwon	24	28	31	33	39	47		Wando	15	18	21	22	27	36
	Ganghwa	22	24	26	27	31	36		Yeosu	13	16	19	20	25	32
	Yangpyeong	24	28	31	33	39	47		Suncheon	21	24	27	28	32	37
	Icheon	29	34	40	43	53	70		Jangheung	21	25	29	31	37	47
Gang won	Cheorwon	21	22	24	25	27	30	Gyeong buk	Haenam	21	24	27	29	35	44
	Chuncheon	31	35	39	40	46	54		Goheung	15	18	22	24	32	44
	Wonju	26	29	31	32	36	41		Ulleungdo	217	253	289	307	369	465
	Inje	30	34	39	41	49	61		Uljin	46	54	63	67	82	104
	Hongcheon	28	31	34	35	39	45		Andong	22	25	28	29	34	40
	Gangneung	97	111	126	133	158	194		Pohang	22	28	34	38	50	72
	Sokcho	99	114	129	136	161	197		Daegu	21	26	30	33	42	56
	Daegwan ryeong	181	200	217	225	251	284		Bonghwa	24	28	31	33	38	46
	Donghae	106	127	149	160	197	257		Yeongju	29	35	41	45	57	78
	Taebaek	88	100	110	115	132	155		Mungyeong	37	46	56	62	82	118
Chung buk	Chungju	26	30	33	35	40	48	Yeongdeok	36	46	58	65	90	139	
	Cheongju	35	41	47	50	61	78	Uiseong	22	25	28	30	34	41	
	Chupung nyeong	32	36	40	42	49	59	Gumi	25	30	35	38	48	64	
	Jecheon	25	28	30	31	34	38	Yeongchun	21	24	27	29	34	41	
	Boeun	33	39	45	49	61	80	Busan	16	21	28	32	46	77	
Chung nam	Seosan	29	31	33	34	37	41	Ulsan	14	18	22	24	32	46	
	Daejeon	30	36	42	45	56	74	Changwon	17	22	28	32	44	69	
	Cheonan	24	25	27	28	30	34	Tongyeong	14	16	19	20	24	31	
	Boryeong	24	25	27	28	30	32	Jinju	19	23	27	29	37	49	
	Buyeo	38	48	60	66	91	139	Geochang	30	35	40	43	52	67	
	Geumsan	25	28	30	31	35	40	Hapcheon	23	27	32	34	42	56	
Jeon buk	Gunsan	33	36	38	40	43	47	Gyeong nam	Miryang	14	16	17	18	20	23
	Jeonju	25	27	29	30	33	36		Sancheong	25	29	33	35	40	49
	Buan	50	56	62	65	75	90		Geoje	15	19	22	24	31	42
	Imsil	38	42	45	46	51	57		Namhae	20	24	29	32	40	55
	Jeongeup	58	66	73	77	88	105		Gosan	5	6	7	8	10	15
	Namwon	30	33	36	38	43	49		Seogwipo	19	24	29	32	43	62
	Jangsu	35	38	40	41	43	47		Seongsan	23	25	28	29	33	39
-	-	-	-	-	-	-	-	Jeju	17	20	23	25	31	41	

4.2 설계적설하중 산정

설계적설하중의 설계빈도는 건축구조기준 및 해설(AIK, 2009)에서 제시하고 있는 100년 빈도로 결정하였다. 본 연구에서 산정된 100년 빈도의 적설심에 눈의 단위중량을 곱하여 단위면적당 눈의 적설하중을 산정하였다. 적설하중은 눈의 상태가 건조(dry snow)

인지 습설(wet snow)인지에 따라 무게가 현저히 다르다. 일반적으로 눈은 습기를 머금은 정도에 따라 건조와 습설로 구분된다. 건조는 영하 10°C 이하로 떨어지는 12월~1월 추운 날씨에 잘 뭉쳐지지 않는 싹라눈과 가루눈의 형태로 나타난다. 반면에 습설은 영하 1°C~영상 1°C에서 주로 발생하기 때문에 2~3월달에 함박눈,

Table 5. 100-year Recurrence Interval Snow Load in 69 Gaging Stations

Province	Stations	Snow load, in kN/m ²		Province	Stations	Snow load, in kN/m ²	
		Dry snow	Wet snow			Dry snow	Wet snow
Gyeonggi	Seoul	0.53	1.06	Jeon nam	Gwangju	0.71	1.42
	Incheon	0.47	0.94		Mokpo	0.75	1.49
	Suwon	0.48	0.97		Wando	0.33	0.66
	Ganghwa	0.40	0.81		Yeosu	0.29	0.59
	Yangpyeong	0.48	0.96		Suncheon	0.41	0.82
	Icheon	0.63	1.26		Jangheung	0.45	0.90
Gang won	Cheorwon	0.36	0.72	Gyeong buk	Haenam	0.43	0.85
	Chuncheon	0.59	1.19		Goheung	0.36	0.71
	Wonju	0.48	0.95		Ulleungdo	4.52	9.04
	Inje	0.60	1.21		Uljin	0.99	1.98
	Hongcheon	0.52	1.04		Andong	0.43	0.86
	Gangneung	1.96	3.92		Pohang	0.55	1.11
	Sokcho	2.01	4.01		Daegu	0.48	0.97
	Daegwan ryeong	3.31	6.62		Bonghwa	0.48	0.96
	Donghae	2.35	4.69		Yeongju	0.65	1.31
Chung buk	Taebaek	1.70	3.39	Mungyeong	0.91	1.82	
	Chungju	0.51	1.02	Yeongdeok	0.95	1.90	
	Cheongju	0.74	1.48	Uiseong	0.44	0.88	
	Chupung nyeong	0.62	1.25	Gumi	0.56	1.12	
	Jecheon	0.45	0.91	Yeongchun	0.42	0.84	
Chung nam	Boeun	0.72	1.43	Gyeong nam	Busan	0.46	0.93
	Seosan	0.50	1.00		Ulsan	0.35	0.71
	Daejeon	0.66	1.31		Changwon	0.47	0.93
	Cheonan	0.41	0.82		Tongyeong	0.30	0.59
	Boryeong	0.41	0.81		Jinju	0.43	0.86
	Buyeo	0.97	1.94		Geochang	0.63	1.27
Jeon buk	Geumsan	0.46	0.92	Jeju	Hapcheon	0.50	1.00
	Gunsan	0.58	1.16		Miryang	0.27	0.53
	Jeonju	0.44	0.88		Sancheong	0.51	1.02
	Buan	0.96	1.92		Geoje	0.36	0.71
	Imsil	0.68	1.36		Namhae	0.46	0.93
	Jeongeup	1.13	2.25		Gosan	0.11	0.23
	Namwon	0.56	1.11		Seogwipo	0.47	0.95
	Jangsu	0.60	1.19		Seongsan	0.43	0.86
-	-	-	-	Jeju	0.37	0.74	

한국의 적설하중 기준에 대한 평가 및 개선방안

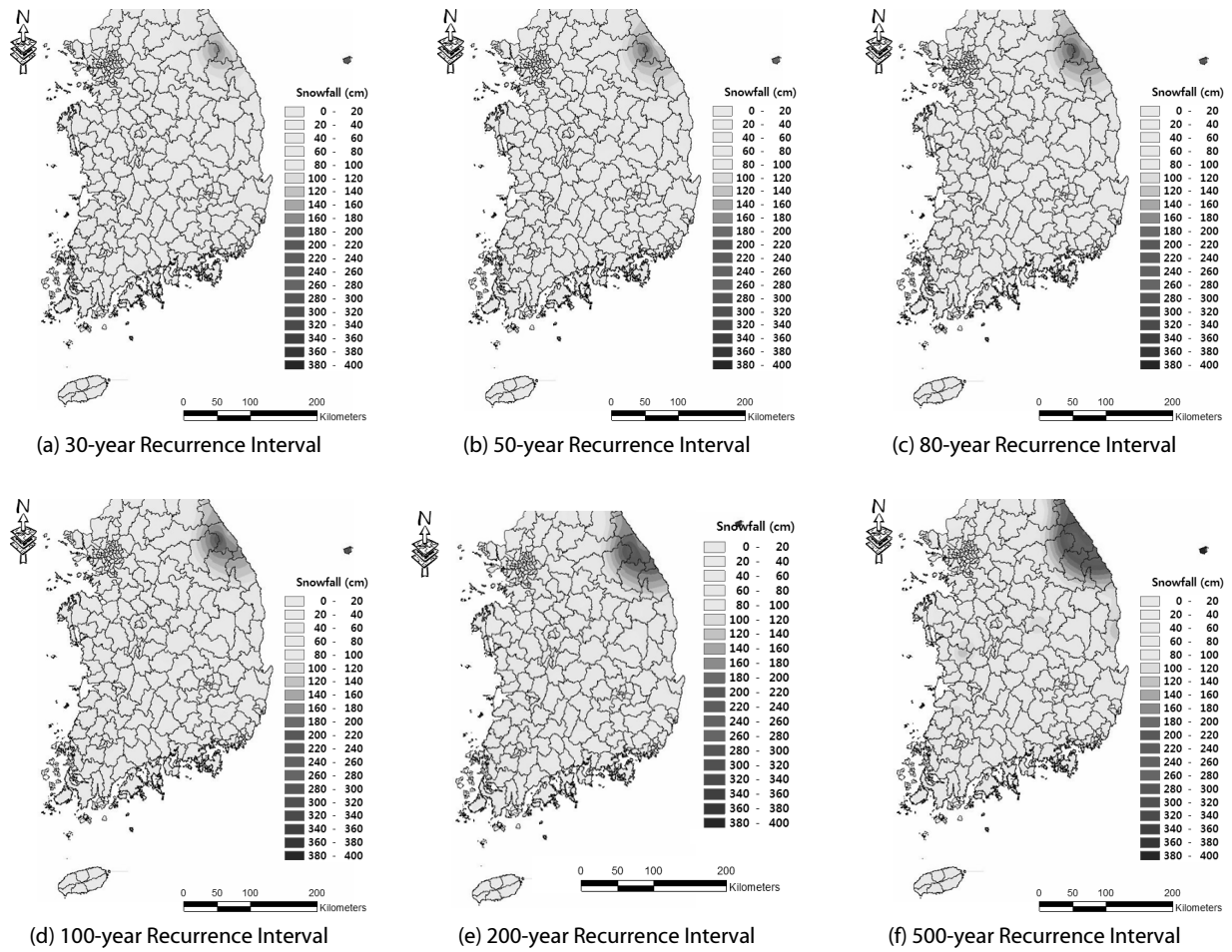


Fig. 3. Peak Snowfall Map by Recurrence Intervals of Korea

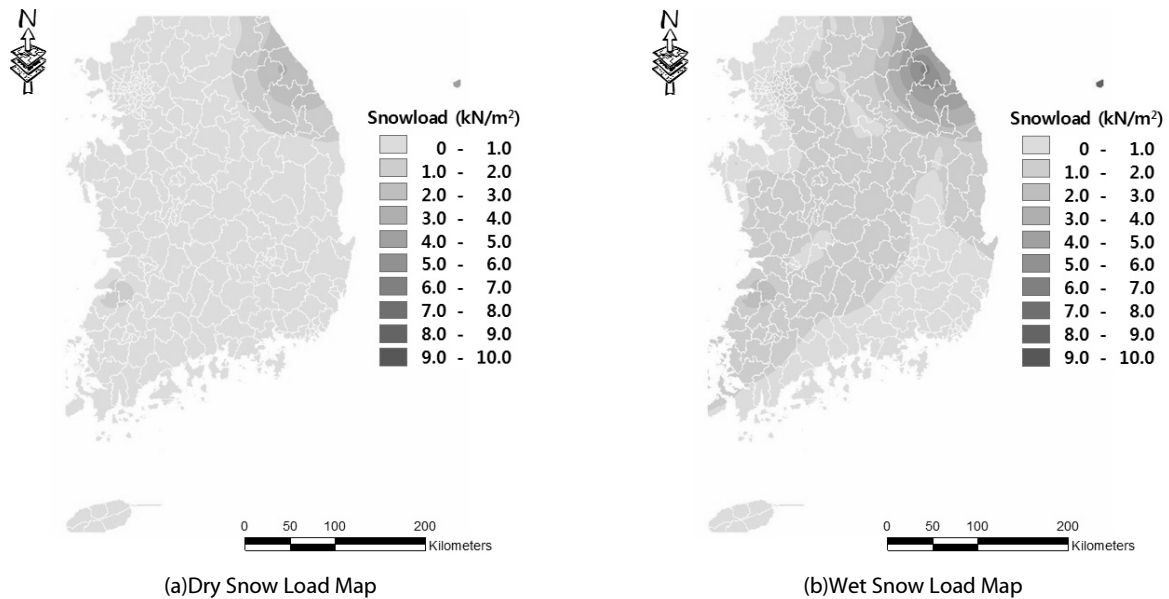


Fig. 4. 100-year Recurrence Interval Snow Load Map in Korea

Table 6. Standard Design Snow Load by Regions

Region	Standard design snow load (kN/m ²)
Seoul, Suwon, Chuncheon, Seosan, Cheongju, Daejeon, Chupungnyeong, Pohang, Gunsan, Daegu, Jeonju, Ulsan, Gwangju, Busan, Tongyeong, Mokpo, Yeosu, Jeju, Seogwipo, Jinju, Icheon	0.5
Jeongeup, Uljin	0.65
Incheon	0.8
Sokcho	2.0
Gangneung	3.0
Ulleungdo, Daegwanryeong	7.0

Sources : Korean Building Code(2009)

Table 7. Evaluation of Standard Design Snow Load

Province	Station	Standard design snow load in kN/m ²	Calculated snow load from this study, in kN/m ²		Evaluation	
			Dry snow	Wet snow	Dry snow	Wet snow
Gyeonggi	Seoul	0.5	0.53	1.06	×	×
	Incheon	0.5	0.47	0.94	○	×
	Suwon	0.8	0.48	0.97	○	×
	Icheon	0.5	0.63	1.26	○	×
Gangwon	Chuncheon	2.0	0.59	1.19	×	×
	Sokcho	3.0	2.01	4.01	×	×
	Gangneung	7.0	1.96	3.92	○	×
	Daegwanryeong	0.5	3.31	6.62	○	○
Chungbuk	Cheongju	0.5	0.74	1.48	×	×
	Chupungnyeong	0.5	0.62	1.25	×	×
Chungnam	Seosan	0.5	0.50	1.00	×	×
	Daejeon	0.5	0.66	1.31	×	×
Jeonbuk	Gunsan	0.5	0.58	1.16	×	×
	Jeonju	0.65	0.44	0.88	○	×
	Jeongeup	0.5	1.13	2.25	×	×
Jeonnam	Gwangju	0.5	0.71	1.42	×	×
	Mokpo	0.5	0.75	1.49	×	×
	Yeosu	7.0	0.29	0.59	○	×
Gyeongbuk	Ulleungdo	0.5	4.52	9.04	○	×
	Pohang	0.5	0.55	1.11	×	×
	Daegu	0.65	0.48	0.97	○	×
	Uljin	0.5	0.99	1.98	×	×
Gyeongnam	Busan	0.5	0.46	0.93	○	×
	Ulsan	0.5	0.35	0.71	○	×
	Tongyeong	0.5	0.30	0.59	○	×
	Jinju	0.5	0.43	0.86	○	×
Jeju	Jeju	0.5	0.37	0.74	○	×
	Seogwipo	0.5	0.47	0.95	○	×

○ : passed, × : rejected

날린눈의 형태로 나타난다. 기상청에 따르면 일반적으로 건설의 중량은 단위체적당 150kgf 이며 습설의 중량은 건설의 2배인 단위 체적당 300kgf이다. 본 연구에서는 건설일 때와 습설일 때로 구분하여 각각의 단위중량을 적용하여 Table 5와 같이 설계적설하중을 산정하였다. 기상관측소별로 산정된 설계적설하중을 ArcGIS의 크리깅 보간 방법을 통해 보간하여 설계적설하중 지도를 Fig. 4와 같이 작성하였다.

5. 설계적설하중기준 적정성 평가 및 개선방안

5.1 적설하중기준 적정성 평가

건축구조기준 및 해설(AIK, 2009)에서는 적설하중을 쌓인 눈의

Table 8. A Suggested Design Snow Load in The Administrative Districts in Korea

Administrative District	Design Snow load, in kN/m ²	Administrative District	Design Snow load, in kN/m ²	Administrative District	Design Snow load, in kN/m ²	Administrative District	Design Snow load, in kN/m ²
Seoul	1.5	Samcheok	6.0	Taeon	1.5	Gumi	2.0
Busan	1.5	Sokcho	5.0	Hongseong	1.5	Gunwi	1.5
Incheon	1.5	Yanggu	2.0	Gochang	3.0	Gimcheon	2.0
Daegu	1.5	Yangyang	6.0	Gunsan	2.0	Mungyeong	2.5
Daejeon	2.0	Yeongwol	3.5	Gimje	2.5	Bonghwa	3.0
Kwangju	2.0	Wonju	2.0	Namwon	2.0	Sangju	2.5
Ulsan	1.0	Inje	4.5	Muju	1.5	Seongju	1.5
Gapyeong	1.5	Jeongseon	6.5	Buan	2.5	Andong	1.5
Goyang	1.5	Cheorwon	1.5	Sunchang	2.5	Yeongdeok	2.5
Gwacheon	1.5	Chuncheon	2.0	Wanju	1.5	Yeongyang	2.0
Gwangmyeong	1.5	Taebaek	5.5	Iksan	2.0	Yeongju	2.5
Gwangju	1.5	Pyeongchang	8.0	Imsil	2.0	Yeongcheon	1.5
Guri	1.5	Hongcheon	6.0	Jangsu	2.0	Yecheon	2.0
Gunpo	1.5	Hwacheon	1.5	Jeonju	1.5	Ulleung	11.0
Gimpo	1.5	Hoengseong	3.5	Jeongeup	3.0	Uljin	3.5
Namyangju	1.5	Goesan	2.0	Jinan	1.5	Uiseong	2.0
Dongducheon	1.5	Danyang	2.0	Gangjin	1.5	Cheongdo	1.5
Bucheon	1.5	Boeun	2.0	Goheung	1.0	Cheongsong	2.0
Seongnam	1.5	Yeongdong	2.0	Gokseong	2.0	Chilgok	1.5
Suwon	1.5	Okcheon	2.0	Gwangyang	1.5	Pohang	2.0
Siheung	1.5	Eumseong	2.0	Gurye	1.5	Geoje	1.0
Ansan	1.5	Jecheon	2.0	Naju	2.0	Geochang	2.0
Anseong	1.5	Jeungpyeong	2.0	Damyang	2.5	Goseong	1.5
Anyang	1.5	Jincheon	2.0	Mokpo	2.0	Gimhae	1.5
Yangju	1.5	Cheongwon	2.0	Muan	2.0	Namhae	1.5
Yangpyeong	1.5	Cheongju	2.0	Boseong	1.5	Masan	1.5
Yeoju	1.5	Chungju	2.0	Suncheon	1.5	Milyang	1.0
Yeoncheon	1.5	Gyeryong	2.0	Sinan	2.0	Sacheon	1.5
Osan	1.5	Gongju	2.5	Yeosu	1.0	Sancheong	1.5
Yongin	1.5	Geumsan	1.5	Yeonggwang	2.5	Yangsang	1.0
Uiwang	1.5	Nonsan	2.0	Yeongam	2.0	Uiryeong	1.5
Uijeongbu	1.5	Dangjin	1.5	Wando	1.0	Jinju	1.5
Icheon	2.0	Boryeong	2.5	Jangseong	2.5	Jinhae	1.5
Paju	1.5	Buyeo	2.5	Jangheung	1.5	Changnyeong	1.5
Pyeongtaek	1.5	Seosan	1.5	Jindo	1.5	Changwon	1.5
Pocheon	1.5	Seocheon	2.0	Hampyeong	2.5	Tongyeong	1.0
Hanam	1.5	Asan	1.5	Haenam	1.5	Hadong	1.5
Hwaseong	1.5	Yeongi	2.0	Hwasun	2.0	Haman	1.5
Gangneung	8.0	Yesan	1.5	Gyeongsan	1.5	Hamyang	1.5
Goseong	4.5	Cheonan	1.5	Gyeongju	1.5	Hapcheon	1.5
Donghae	6.0	Cheongyang	2.5	Goryeong	1.5	Seogwipo	1.5
						Jeju	1.5

중량에 의하여 건축물이나 공작물에 작용하는 하중으로 정의하고 있고 적설하중의 기본값은 재현기간 100년에 대한 수직 최심적설깊이를 기준으로 Table 6의 기본값을 사용하며 최소 지상적설하중의 기본값은 0.5kN/m²로 규정하고 있다. 설계기준에서는 우리나라 232개 사군구 전역에 대해 적설하중을 제시하고 있지 않으며 주요지역에 대해서 Table 6과 같이 설계적설하중을 제시하고 있다. 이에 따라 본 연구에서 산정된 100년 빈도 적설하중과 Table 6의 지상적설하중 기준을 비교하고 적정성을 평가하여 Table 7에 그 결과를 제시하였다.

본 연구를 통해 산정된 100년 빈도 적설하중과 건축구조기준 및 해설(AIK, 2009)에서 제시하는 지상적설하중 기준을 비교한 결과 건설(dry snow)이 발생할 경우 28개 지역 중 15개 지역의 지상적설하중 기준이 적정한 것으로 나타났으며 13개 지역의 지상적설하중 기준이 적게 산정된 것으로 나타났다. 습설(wet snow)이 발생할 경우에는 28개 지역 중 강원도 평창군 대관령의 지상적설하중 기준만이 적정한 것으로 나타났으며 나머지 27개 지역의 지상적설하중은 적게 산정된 것으로 나타났다. 건축구조기준 및 해설(AIK, 2009)의 지상적설하중 기준은 습설일 경우가 고려되지 않은 것으로 판단되며 주로 2~3월달에 발생하는 습설에 대비하여 설계적설하중을 상향해야할 필요가 있을 것으로 평가된다.

5.2 적정적설하중기준 개선방안

지상적설하중 기준의 평가결과, 기준의 상향조정이 요구됨에 따라 본 연구를 통해 산정된 습설일 경우의 100년 빈도 적설하중에 안전율 1.2를 적용하여 설계적설하중을 제안하였다. 건축구조기준 및 해설(AIK, 2009)에서는 적설하중에 대비하여 건물의 용도 및 규모에 따라 중요도 계수를 0.8-1.2의 값을 사용하도록 제안하고 있으나, 본 연구는 건물의 용도 및 규모를 고려하지 않고 눈의 기상학적인 요소에 초점을 맞추어 설계적설하중을 도출하는 연구로 중요도 최대값인 1.2를 안전율로 적용하였다. 설계기준에는 우리나라 주요 28개 행정구역의 적설하중설계 기준만을 제시한 바 본 연구에서는 ArcGIS의 크리깅 보간 방법을 통해 69개 관측소의 설계적설하중을 100m 격자체계로 Fig. 5와 같이 보간하여 우리나라 165개 행정구역(시/군)에 대하여 설계적설하중을 산정하고 지도를 작성하였다. 현재 우리나라는 232개 사군구가 존재하나 특별시, 광역시 및 일반시 내의 구별 적설특성이 유사하여 세부적으로 구단위까지 구분하지 않고 하나의 시단위로 대표하여 설계적설하중 지도를 작성하였다. 설계적설하중 지도 작성시 편의상 하중이 0kN/m²이상 0.5kN/m²미만인 지역은 0.5kN/m²로, 0.5kN/m²이상 1.0kN/m²미만인 지역은 1.0kN/m²로, 1.0kN/m²이상 1.5kN/m²미만인 지역은 1.5kN/m²로 등급을 구분하여 Table 8에 나타내었다.

설계적설하중 산정결과 큰 순서로 울릉도 11.0kN/m², 강릉시

8.0kN/m², 평창군 8.0kN/m², 정선군 6.5kN/m²로 산정되었으며 울산, 고흥, 거제, 밀양, 여수, 양산, 완도, 통영은 1.0kN/m²로 가장 작게 산정되었다. 최근 폭설에 의해 큰 피해가 발생한 경우의 경우 설계적설하중은 1.5kN/m²로 산정되었으며 이 값은 기존의 지상적설하중기준인 0.5kN/m²보다 3배 크게 산정된 값이다. 광역지자체별 설계적설하중 평균치를 비교하여 보면 Table 9와 같이 강원도 4.56kN/m², 경북 2.48kN/m², 전북 2.11kN/m², 충북 2.00kN/m², 충남 1.88kN/m², 전남 1.78kN/m², 경기 1.52kN/m², 제주 1.50kN/m², 경남 1.46kN/m²의 순으로 나타났다. 표준편차는 강원도 2.13kN/m², 경북 2.09kN/m²로 나타났으며 강원도와 경북을 제외한 지역에서는 0-0.6kN/m²로 나타났다. 강원도의 표준편차가 높게 나타난 이유는 태백산맥을 기준으로 좌측지역에는 눈이 적게 내리며 우측

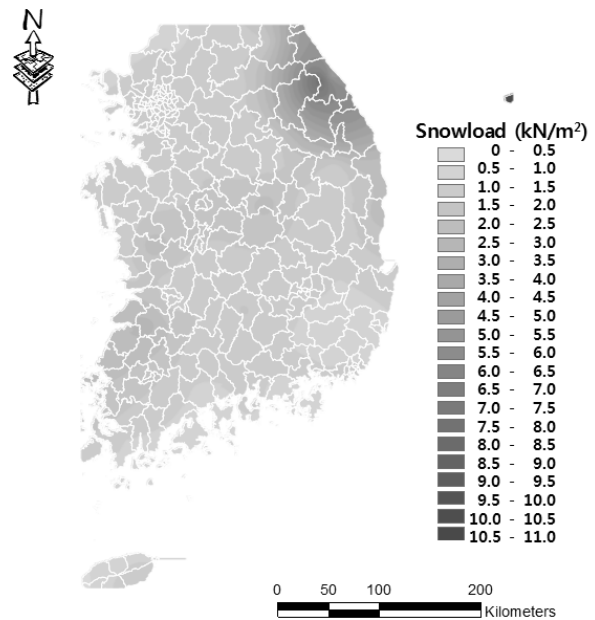


Fig. 5. A Suggested Design Snow Load Map in Korea

Table 9. Statistics of the Suggested Design Snow Load

Province	Mean, in kN/m ²	Standard deviation, in kN/m ²	Coefficient of variation
Gangwon	4.56	2.13	0.47
Gyeongbuk	2.48	2.09	0.84
Jeonbuk	2.11	0.53	0.25
Chungbuk	2.00	0.00	0.00
Chungnam	1.88	0.42	0.22
Jeonnam	1.78	0.47	0.27
Gyeonggi	1.52	0.09	0.06
Jeju	1.50	0.00	0.00
Gyungnam	1.46	0.28	0.19

지역에는 눈이 많이 내리기 때문에 지역간 강설량의 불균형에 의한 것으로 판단된다. 경북지역의 표준편차가 높게 나타난 이유는 울릉도의 강설량이 타 경북지역보다 월등히 크게 산정되었기 때문이다.

6. 결론

본 연구에서는 빙도분석이 가능한 우리나라 69개 기상관측소의 20년치 이상 연최대치 적설심 자료를 이용하여 최적 확률분포형을 선정하고 빙도분석을 수행하였다. 빙도분석 결과를 기반으로 우리나라의 지상적설하중기준의 적정성을 평가하였으며 주요결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 우리나라의 적설심 빙도해석에 가장 적합한 확률분포형 및 모수추정방법을 선정하기 위해 극치계열의 빙도분석에 탁월하여 세계적으로 널리 사용되는 6가지 확률분포형과 2가지 모수 추정방법을 적용하였다. 적용결과, 우리나라에 가장 적합한 확률분포형으로는 Generalized Extreme Value분포가, 모수 추정방법으로는 확률가중모멘트법이 선정되었다.
- (2) 확률가중모멘트법에 의한 Generalized Extreme Value분포를 통해 우리나라 69개 기상관측소에 대해 빙도분석을 수행하여 빙도별 적설심을 추정하였다. 추정된 빙도별 적설심 중 100년 빙도의 적설심을 건설(dry snow)과 습설(wet snow)로 구분하고 100년 빙도 적설하중으로 계산하여 건축구조기준 및 해설(AIK, 2009)의 지상적설하중 기준과 비교평가하였다. 평가결과 건설(dry snow)의 경우 28개 주요 지역 중 13개 지역에서 지상적설하중 기준이 적게 산정되었으며 습설(wet snow)의 경우 27개 지역에서 지상적설하중 기준이 적게 산정되었다. 건축구조기준 및 해설(AIK, 2009)의 지상적설하중 기준은 습설일 경우가 고려되지 않은 것으로 판단되며 주로 2~3월에 발생하는 습설에 대비하여 지상적설하중 기준을 상향해야할 필요가 있을 것으로 사료된다.
- (3) 28개 주요지역에 대해서만 지상적설하중 기준을 제시한 기존의 설계기준 보다 지역을 세분화하여 우리나라 165개 사군의 설계적설하중을 제안하기 위해 본 연구를 통해 산정된 100년 빙도 습설적설하중에 안전율 1.2를 부여하고 ArcGIS의 크리깅 기법을 통해 100m 격자의 설계적설하중 지도를 작성하였다. 작성된 설계하중지도를 기반으로 우리나라 165개 행정구역별 설계적설하중을 0.5kN/m² 단위로 등급화하여 각 행정구역별 설계적설하중을 제안하였다. 그 결과, 기존의 지상적설하중 기준이 크게 책정되어 있던 강원도 평창, 속초, 강릉의 경우 기존 지상적설하중과 비교하여 1.14배~2.67배 크게 산정되었

으며 강원도를 제외한 타 지역에서는 기존 지상적설하중이 작게 책정되어 설계적설하중이 일반적으로 2배~4배 크게 산정되었다. 설계적설하중이 크게 산정된 지역은 울릉도 11.0kN/m², 강릉시 8.0kN/m², 평창군 8.0kN/m², 정선군 6.5kN/m²로 나타났으며 가장 작게 산정된 지역은 울산, 고흥, 거제, 밀양, 여수, 양산, 완도, 통영으로 1.0kN/m²로 산정되었다.

본 연구를 통해 산정된 행정구역별 설계적설하중은 기상관측소가 존재하지 않는 미세측지역을 포함한 우리나라 전역의 폭설에 대비한 건축물 설계에 유용하게 활용될 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업의 지원으로 수행한 ‘풍수해 위험도가 반영된 개별 보험요율 산정 및 지도개발’(NEMA-자연-2013-62)과제의 성과입니다.

References

- Architectural Institute of Korea (AIK). (2009). *Korean building code and commentary*, Architectural Institute of Korea (in Korean).
- Briggs, P. and Cogley, J. (1996). "Topographic bias in mesoscale precipitation networks." *Journal of Climatology*, Vol. 9, No. 1, pp. 205-218.
- Changmon, S. A. (1979). "How a severe winter impacts on individuals." *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, No. 50, pp. 110-114.
- Cho, H. L. and Jeong, J. C. (2006). "Application of spatial interpolation to rainfall data." *The Journal of GIS Association of Korea*, Vol. 14, No. 1, pp. 29-41.
- Go, W. J., Kim, S. W. and Jang, L. H. (2009). "Relationship between ocean-meteorological factors and snowfall in the western coastal region of Korea in winter." *Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 15, No. 1, pp. 17-24
- Goovaerts, P. (2000). "Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall." *Journal of Hydrology*, Vol. 228, No. 1-2, pp. 113-129
- Hevesi, J., Istok, J. and Flint, A. (1992). "Precipitation estimation in mountainous terrain using multivariate geostatistics, Part I: Structural Analysis." *Journal of Applied Meteorology*, Vol. 31, No. 7, pp. 661-676.
- Jung, D. J. and Teng, C. (2010). "Effect of wire bracing to snow load acting on vinyl house frame." *Korean Institute of Rural Architecture*, Vol. 12, No. 3, pp. 27-34.
- Kim, G. B., Son, Y. C., Kim, J. W. and Lee, J. Y. (2005). "Development of algorithms for the construction of hydrogeologic thematic maps using Avenue(TM) language in ArcView GIS." *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 8, No. 3, pp. 107-120.

- Kim, H. Y. (2010a). "A geostatistical approach for improved prediction of traffic volume in urban area." *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 13, No. 4, pp. 138-147.
- Kim, H. Y. (2010b). "A study on the improvement of the accuracy of photovoltaic facility location using the geostatistical analysis." *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 13, No. 2, pp. 146-156.
- Kim, K. H., Kim, M. S., Lee, G. W., Kang, D. H. and Kwon, B. H. (2013). "The adjustment of radar precipitation estimation based on the kriging method." *Journal of Korean Earth Science Society, KESS*, Vol. 34, No. 1, pp. 13-27.
- Kim, S. B., Shin, H. J., Ha, R. and Kim, S. J. (2012). "Spatio-temporal analysis of snowfall for 5 heavy snowfall areas in South Korea." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers, KSCE*, Vol. 32, No. 2B, pp. 103-111.
- Koo, Y. S., Lee, S. H. and Jung, J. C. (2013). "Selecting and assessing vulnerable zones of snow damage in urban areas - The case of city of busan." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 33, No. 3, pp. 1077-1086
- Krige, D. G. (1951). *A statistical approach to some mine valuations and allied problems at the Witwatersrand*, Master's Thesis, University of Witwatersrand.
- Lee, E. K. (2003). "A space model to annual rainfall in South Korea." *The Korean Communications in Statistics*, Vol. 10, No. 2, pp. 445-456.
- Lee, H. S. (2010). "Comparison and evaluation of root mean square for parameter settings of spatial interpolation method." *The Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 13, No. 3, pp. 29-41.
- Lee, J. B. and Lee, H. R. (2005). "Classified fishery grade using analysis of coastal environmental based on object-oriented data model." *The Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 8, No. 1, pp. 40-48.
- Lee, K. M. and Lee, S. H. (2006). "The spatial distribution of snowfall and its development mechanism over the honam area." *Journal of The Korean Geographical Society*, Vol. 41, No. 4, pp. 457-469.
- Lee, S. G., Lee, J. W. and Lee, H. W. (2006). "Structural analysis of pipe greenhouse under snow load considering buckling." *Proceeding of Bio-Environmental Control Conference*.
- Lee, S. H. (2008). "Development of subsurface spatial information model system using clustering and geostatistics approach." *The Korean Association of Geographic Information Studies*, Vol. 11, No. 4, pp. 64-75.
- Lyche, T. and Schumaker, L. L. (1972). "On the convergence of cubic interpolating splines." *University of Texas at Austin Center for Numerical Analysis*, Vol. 61, pp. 1-31.
- National Emergency Management Agency (2009). *Development of the assessment technique to wind and snowfall hazards* (in Korean).
- Park, H. J., Shin, H. S., Roh, Y. H., Kim, K. M. and Park, K. H. (2012). "Estimating forest carbon stocks in danyang using kriging methods for aboveground biomass." *Journal of The Korean Association Geographic Information Studies*, Vol. 15, No. 1, pp. 16-33.
- Park, J. C. and Kim, M. K. (2013). "Comparison of precipitation distributions in precipitation data sets representing 1km spatial resolution over South Korea Produced by PRISM, IDW, and Cokriging." *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. Vol. 16, No. 3, pp. 147-163
- Schmidlin, T. W. (1993). "Impacts of severe winter weather during December 1989 in the Lake Eric snowbelt." *J. of Climate*, Vol. 6, No. 4, pp. 759-767.
- Shepard, D. (1968). "A two-dimensional interpolation function for irregularlyspaced data." *Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference*. New York, NY, USA. pp. 517-524.
- 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.
- Thiessen, A. H. (1911). "Precipitation averages for large areas." *American Meteorological Society*, Vol. 39, No. 7, pp. 1082-1084.
- Yoon, Y. N. (2007). *Hydrology*, Cheong Moon Gak (in Korean).