

태풍타입별 피해 분석 및 다중회귀분석을 활용한 태풍피해예측모델 개발 연구

Typhoon Path and Prediction Model Development for Building Damage Ratio Using Multiple Regression Analysis

양 성 필¹

손 기 영¹

이 경 훈²

김 지 명^{3*}

Yang, Seong-Pil¹

Son, Kiyong¹

Lee, Kyoung-Hun²

Kim, Ji-Myong^{3*}

School of Architectural Engineering, University of Ulsan, Nam-Gu, Ulsan, 44610, Korea ¹

National 119 Headquarters, Ministry of Public Safety and Security, Dalseong-Gun, Daegu, 43011, Korea ²

Construction Science Department, Texas A&M University, College Station, 77843, USA ³

Abstract

Since typhoon is a critical meteorological disaster, some advanced countries have developed typhoon damage prediction models. However, although South Korea is vulnerable to typhoons, there is still shortage of study in typhoon damage prediction model reflecting the vulnerability of domestic building and features of disaster. Moreover, many studies have been only focused on the characteristics and typhoon and regional characteristics without various influencing factors. Therefore, the objective of this study is to analyze typhoon damage by path and develop to prediction model for building damage ratio by using multiple regression analysis. This study classifies the building damages by typhoon paths to identify influencing factors then the correlation analysis is conducted between building damage ratio and their factors. In addition, a multiple regression analysis is applied to develop a typhoon damage prediction model. Four categories: typhoon information, geography, construction environment, and socio-economy, are used as the independent variables. The results of this study will be used as fundamental material for the typhoon damage prediction model development of South Korea.

Keywords : typhoon, multiple regression analysis, building damage ratio, risk assessment

1. 서 론

1.1 연구의 목적

Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC)의 5차 보고에 따르면 지구 온난화로 인하여 1990년대~2010년 기간 동안 해수면상승 및 대기와 해양의 온도증가 등 지구 온난화 현상이 증가함에 따라 태풍, 홍수 등 큰

규모의 재난재해를 일으키는 것으로 보고되었다[1]. 특히, 세계적으로 태풍 발생빈도 뿐만 아니라 크기와 강도도 증가하면서 피해가 해마다 증가하는 것으로 나타난다. 대표적으로 국내에 영향을 미친 태풍 중 ‘매미’는 약 900억원의 건물 피해액을 발생시켰다[2].

이에 몇몇 선진국에서는 태풍에 따른 피해를 사전에 예측하기 위해 리스크 분석모델을 운영하고 있다. 미국의 경우, FEMA(Federal Emergency Management Agency)에서 제공하는 재해 위험평가 시스템인 HAZUS-HM을 활용하여 재난재해에 따른 피해를 사전에 예측하여 리스크 분석 및 관리를 하고 있다. 또한, 지형적인 영향으로 홍수, 화산 등 재난재해가 자주 발생하는 일본의 경우, 미국의 FEMA와 같은 방재 전담 조직은 없지만 중앙행정기관, 중앙방재회의,

Received : May 19, 2016

Revision received : July 1, 2016

Accepted : September 1, 2016

* Corresponding author : Kim, Ji-Myong

[Tel: 82-2-758-4655, E-mail: jimy6180@gmail.com]

©2016 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

지정행정기관 및 지정공공기관, 비상재해대책본부, 소방청 5가지 조직으로 재해에 대응하고 있으며, 방재에 대해서 민·관이 합심하여 대책을 수립, 시행해오고 있다.

국내에서도 이러한 해외 시스템을 적용시키려는 연구가 많이 진행되었지만, 지역적, 지형적, 태풍의 크기 등의 차이로 인해 국내에 이러한 시스템들을 반영하는 것은 어려운 것으로 판단된다. 또한, 국내의 태풍에 관한 연구는 대부분 태풍의 강도, 특성만을 고려한 연구들로, 복합재해인 태풍의 연구로는 부족한 것으로 나타나며 국내의 특성에 적합한 피해를 사전에 예측할 수 있는 모델이 필요한 실정이다.

이에 본 연구에서는 국가 태풍센터를 통하여 2003년부터 2014년까지 국내에 상륙 또는 영향을 미친 태풍을 경로별로 분류하고 태풍정보요인, 지리정보요인, 건설환경요인을 변수로 선정하여 건물피해율과 회귀분석을 실시하여 사전에 피해를 예측하기 위한 건물피해율 예측모델을 만들고자 한다. 본 연구의 결과는 국내에서 태풍 타입에 따른 건물피해를 예측하기 위한 모델 개발을 위한 자료로 활용될 것이다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 태풍 타입별 건물피해율 예측 모델을 개발하는 것으로 첫째, 국가태풍센터를 통해 2003년부터 2014년까지 국내에 영향을 미친 태풍을 조사한다. 둘째, 국민안전처의 재해연보를 통하여 태풍의 영향을 받은 지역의 건물피해액의 데이터를 수집한다. 셋째, 건물피해율 예측모델 개발에 있어 고려해야하는 변수인 태풍정보요인, 지리정보요인, 건설환경요인의 데이터를 수집한다. 넷째, 앞서 수집된 데이터를 토대로 회귀분석을 실시하여 태풍타입별 건물피해율 예측 회귀모델을 개발한다. Figure 1은 본 연구의 진행 방법을 나타낸다.

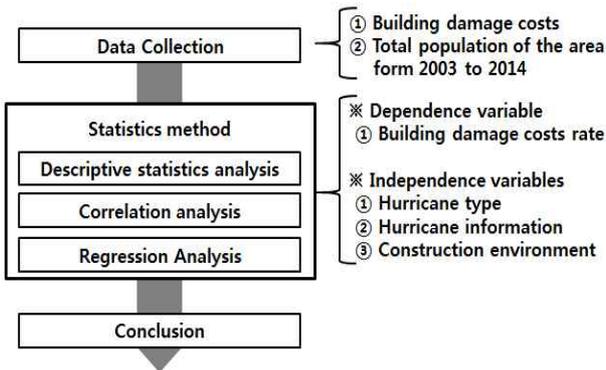


Figure 1. Methodology

2. 이론적 고찰

2.1 국내외 현황

최근 세계적인 기후변화로 인해 자연재해로 인한 피해는 증가 하고 있는 추세이다. 이에 선진국의 경우 재난재해 예방사업을 개발하며 시스템화 하고 있다. 지형적으로 홍수, 화산, 지진 등 재난재해 피해가 자주 발생하는 일본에서는 중앙정부 조직과 지방정부 조직으로 나누어져 운영하고 있다. 재난재해 발생 시 시정촌이 일차적으로 책임을 맡으며, 중앙정부에서는 재난재해 정책을 반영 및 총괄 조정한다. 지방정부에서는 지역 주민의 참여를 유도하여 자주 방재 조직을 활성화하고 있다.

독일의 경우, 우리나라에 비해 재난의 횟수가 적음에도 불구하고 정부조직 내에 재난 예방에 관한 시스템을 제공해주는 정보활동부, 기술지원부가 있으며, 연방민방위 학교와 같은 재난 발생 시 안전 교육을 실시하는 기관을 보유하고 있다. 독일의 재해 예방 시스템은 통합운영 조직과 자원봉사자를 활용하여 재난 체계를 유지하므로, 적은 예산으로 재난 재해 예방을 하고 있다. 이와 같이, 선진국들의 경우, 중앙정부와 지방정부 간의 체계적인 역할 분담과 재난재해 발생 시 지역주민과의 수평적인 관계로 효율적으로 대응하고 있는 것을 알 수 있다.

국내에서도 재난재해 피해를 줄이기 위한 연구를 많이 진행하고 있다. 하지만, Han[3], Moon et al.[4], Shin[5]과 같이 재난재해 발생 후 대책에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 또한, 태풍으로 인한 피해 예측에 관한 연구로 Park et al.[6], Park et al.[7], Ku et al.[8] 등 많은 연구가 진행되었지만, 국내의 태풍에 관한 연구는 강우와 강풍만을 고려하였다. 이외에도 Shin et al.[9]와 같이 태풍의 예상 진로를 예측하거나, Chun et al.[10]과 같이 특정 태풍이나 특정지역을 대상으로 연구들이 진행되었다.

이와 같이, 국내의 태풍에 관한 연구는 강우와 강풍을 고려하거나, 진로예측에 관한 연구를 진행하였으나, 태풍은 복합재해로서 대기 및 해상 상황에 따라 여러 종류의 태풍이 한반도에 영향을 미치며, 태풍 피해에 영향을 미치는 요인을 지리적, 사회적, 경제적 등 다양한 요인을 고려해야 할 것으로 판단된다.

2.2 태풍피해에 영향을 미치는 요인

선행연구 고찰을 통하여 본 연구에서 태풍 피해요인으로

선정한 태풍정보, 지리정보, 건설환경 3가지요인으로 Table 1과 같이 구분하였다.

Lee et al.[11]은 Monte Carlo 시뮬레이션을 활용하여 태풍에 의한 극한 풍속 기댓값을 추정하는데 있어 태풍의 요소 중 최대풍속, 강풍반경, 태풍이동속도를 요인으로 선정하였으며, Jung et al.[12]는 FPHLM(Florida Public Hurricane Loss Model)에서 조사한 건물 가격에 대한 복구비 비율을 통하여 피해액을 산정하는데 있어 태풍의 진로, 최대풍속을 요인으로 선정하였다.

Shim et al.[13]는 토지 이용 측면에서의 자연재해 피해 저감 방법을 제시한 연구로 토지 이용 특성으로 하천, 재방 농업지역 등을 사용 하였으며, 토지이용 특성과 관하여 불투수지역의 확대는 자연재해 피해액을 증가 시키는 결론을 나타냈다. Kim et al.[14]는 지방자치단체 안전성을 평가하기 위하여 태풍정보요인의 강수량, 건설환경요인의 공원을 사용하였다. Jung et al.[15]는 태풍 루사와 매미를 대표적인 자연재해로 소개하면서 최근 건설환경요인 중 하나인 절토사면 증가의 원인을 태풍으로 인한 호우로 분석 하고 있다.

국내의 연구 이외에도 해외연구에서도 본 연구에서 설정한 태풍정보 요인, 지리정보요인, 건설 환경요인의 변수들이 사용되어 있다. Burton[16]은 태풍에 따른 건물피해액에 영향을 미치는 요인으로 태풍정보, 지리정보요인을 사용하여 태풍과의 상호 연관 유무를 판단하였다. 이에 본 연구에서는 선행연구를 토대로 태풍으로 인한 건물피해율에 영향을 미치는 요인을 태풍정보요인, 지리정보요인, 건설환경요인으로 크게 3가지와 각 요인의 변수 총 10가지를 선정하였다.

Table 1. Analysis of pervious studies

Variable Author	1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	9)	10)
Lee et al.[11]	◎	◎	◎							
Jung et al.[12]		◎								
Shim et al.[13]					◎		◎	◎		
Kim et al.[14]							◎			
Jung et al.[15]										◎
Burton.[16]		◎		◎	◎					◎

1) Movig Speed, 2) Wind Speed, 3) Wind radius, 4) Rainfall, 5) River, 6) River rate, 7) Park rate, 8) Dam, 9) Slope, 10) Hing-rise building

3. 데이터 수집

3.1 개요

본 연구는 국민안전처의 재해연보를 통하여 종속변수로 설정한 건물피해율의 요소인 태풍으로 인한 건물피해액을 정기적으로 수집하였다. 재해연보의 건물 피해액은 해당 년도에 영향을 미친 태풍과 태풍으로 인한 건물피해액을 가진 지역으로 분류되어있는 자료를 사용하였다. 이에, 본 연구에서는 효율적인 데이터 분석을 위해 Table 2와 같이, 16개의 지역 코드와 2003년부터 2014년까지 국내에 영향을 미친 14개의 태풍의 코드를 설정하였다.

Table 2. Region and typhoon code

Code	Region	Typhoon
1	Seoul	MAEMI
2	Busan	NABI
3	Daegu	SHANSHAN
4	Incheon	USAGI
5	Gwangju	NARI
6	Daejun	KALMAEGI
7	Ulsan	DIANMU
8	Gyeonggi	KOMPASU
9	Gangweon	MALOU
10	Chung-bug	MEARI
11	Chung-nam	MUJIFA
12	Jeon-bug	KHANUN
13	Jeon-nam	BOLAVEN
14	Gyeong-bug	SANBA
15	Gyeong-nam	
16	Jeju	

3.2 종속변수

본 연구에서는 회귀분석을 위한 종속변수로 태풍으로 인해 발생한 건물피해액과 각 지역의 총 인구수의 비율인 건물 피해율로 선정하였다. 건물피해액이 아닌 건물피해율을 종속변수로 사용 하는 것은 데이터를 수집한 재해연보의 건물 피해액은 태풍으로 영향을 받은 지역별로 집계가 되어 있으므로 식 (1)과 같이 건물피해액을 각 지역의 인구수로 나누어 비율로 지수화 시켜 건물 피해율을 사용하였다.

$$DR = BC / RP \text{ ----- (1)}$$

여기서,

DR : 건물피해율 (Building Damage rate)
 BC : 건물피해액 (Building Damage cost)
 RP : 지역 총 인구수 (Region Population)

이를 위해 본 연구는 첫째, Figure 2와 같이 국민안전처의 재해연보를 통해 한반도에 영향을 미친 태풍을 조사한다.

둘째, 태풍 발생 기간 중 건물피해가 있는 지역을 조사한다. 셋째, 국가 통계포털을 통해 건물피해가 있는 지역의 총 인구수를 조사하여 본 연구의 종속변수인 건물피해율로 지수화 시킨다. 여기서 각 지역 총 인구수 조사는 5년 단위로 진행되기 때문에 각 해당 년도의 5년 이하의 데이터를 사용하였다.



Figure 2. 14 Influence typhoons in 2003~2014

3.3 독립변수

본 연구의 목적인 국내 영향을 미친 태풍 타입별 따른 건물 피해율에 영향을 주는 요인들을 도출하고자 독립변수로서 태풍 타입 7가지, 태풍정보, 지리정보, 건설환경요인 4개 항목으로 분류하였다. Table 3은 본 연구에서 활용한 태풍 7가지 타입으로는 선행연구 ‘한반도에 영향을 주는 태풍의 통계적 특성변화’를 통해 태풍을 7가지 타입으로 분류하였다[17].

Table 3. Characteristics of 7 type typhoons

Type	Feature
1	going north of west sea to land in west coast
2	landing south coast
3	going north of west sea to land in china
4	passing the Straits of Korea to go north of east sea
5	going north to pass Japan
6	influencing to Korea passing china
7	influencing to Korea passing Japan

또한, 본 연구에서는 선행연구 고찰을 통하여 태풍으로

인해 복합적 피해가 발생 할 수 있는 요인들로 Table 4와 같이 태풍정보, 지리정보, 건설환경요인을 선정하였다.

Table 4. Independence variables

	Factor	Unit	Description
Typhoon information	Moving speed	km/h	Speed per an hour
	Wind speed	m/s	Maximum speed
	Wind radius	km	Wind radius
Geography	Rainfall	mm	Maximum rainfall
	River	ea	Number of river
	River rate	%	Rate of river banks
Construction environment	Park rate	%	Park area/region area
	Dam	ea	Number of dam
	Slope	ea	Number of slope
	High-rise building	ea	Buildings with over 11 floors

4. 데이터 분석

4.1 기술통계

앞서 설정된 각 태풍별 코드를 활용하여 건물피해액과 태풍의 영향을 받은 지역의 인구수를 국민안전처의 재해연보를 통하여 조사하였다.

Table 5. Building damage costs and population

Typhoon code	Typhoon	Costs (1,000 won)	Population (1,000 people)
1	MAEMI	90,378,143	20,215
2	NABI	3,595,000	10,485
3	SHANSHAN	75,000	2,594
4	USAGI	60,060	15,850
5	NARI	4,095,000	17,010
6	KALMAEGI	285,000	19,090
7	DIANMU	195,000	19,965
8	KOMPASU	1,597,080	26,852
9	MALOU	90,000	14,464
10	MEARI	685,800	33,795
11	MUIFA	20,179,200	34,932
12	KHANUN	676,200	29,910
13	BOLAVEN	26,046,000	29,972
14	SANBA	3,783,000	32,770
Total		151,740,483	307,911

Table 5는 본 연구에서 선정한 종속변수의 요소를 기술통계 한 것으로, 태풍코드 3번 산산, 태풍코드 4번 우사기와 태풍코드 9번 말로가 비교적 적은 반면 태풍코드 1번 매미가 약 900억원으로 가장 많은 건물피해액이 발생한 것을 알 수 있다.

Table 6. Descriptive analysis

Code	Typhoon Type	Costs (1,000 KRW)
1	5	-
2	4	90,00
3	7	108,692
4	6	135,000
5	3	685,800
6	1	48,498,480
7	2	98,451,143
Total		151,740,483

또한, 태풍을 7가지 타입으로 분류하여 Table 6과 같이 각 태풍 타입별 건물피해액을 국민 안전처의 재해연보를 통하여 조사하였다. 조사결과 건물 피해액이 0원인 타입 5번을 제외한 타입 4번과 타입 6번, 타입 7번이 비교적 적은 건물 피해액이 발생한 반면 타입 2번과 1번이 각각 약980억원, 약 480억원으로 높은 것을 알 수 있다. 태풍 타입별에 해당되는 각 지역 인구수는 태풍별로 중첩되는 부분이 있으므로 집계하지 않았다.

Table 7. Descriptive analysis of typhoon information

Typhoon code	Moving speed (km/h)	Wind speed (m/s)	wind radius (km)	Rainfall (mm/day)
1	44	38	460	231.5
2	30	38	550	327.5
3	43	33.0	250	41.5
4	31	17.0	180	58.0
5	22	46.0	200	420.0
6	33	18.0	200	198.0
7	56	24.0	120	59.0
8	56	24.0	150	120.0
9	41	19.0	140	90.5
10	59	25.0	350	167.0
11	34	34.0	390	200.5
12	45	25.0	250	125.5
13	44	38.0	400	172.9
14	41	31.0	350	141.0

Table 7은 태풍정보요인의 기술통계를 나타낸다. 이동속도는 태풍코드 10, 메아리가 59km/h, 최대풍속은 태풍코드 5 나리가 46m/s, 강풍반경은 태풍코드 2 나리가 550km로 가장 컸다. 기상청에서 자료를 수집한 일 최다강수량은 태풍코드 5 나리가 420mm/day로 가장 큰 것으로 분석되었다. 태풍의 이동속도, 최대풍속, 강풍반경은 국가 태풍센터의 자료에서 태풍의 상륙 및 영향을 미친 날짜와 시간을 맞추어 적용하였으며 일 최다 강수량은 기상청에서 태풍이 상륙 또는 영향은 미친 기간 중 가장 강수량이 많은 것으로 적용하였다.

Table 8. Descriptive analysis according to types

Typhoon Type	Moving speed (km/h)	Wind speed (m/s)	wind radius (km)	Rainfall (mm/day)
1	45	31	299	77
2	39	36	311	103
3	59	25	350	90
4	41	19	140	60
5	-	-	-	-
6	33	18	200	132
7	32	29	372	75

Table 8은 태풍을 각 타입별로 분류하여 평균을 한 값으로, 태풍 타입별 태풍정보요인을 기술통계한 것이다. 통계결과 태풍이동속도는 타입 3번이 59km/h, 최대풍속은 타입 2번이 36m/s, 강풍반경은 타입 7번이 372km, 일최다강수량은 타입 6번이 132mm로 태풍별 가장 큰 값으로 조사되었다.

Table 9는 지리정보요인의 하천개소수, 완전개수율의 기술통계를 나타낸다. 하천 개소 수는 지역코드 15번 경남지역이 683개, 완전개수율은 지역코드 11번 충남지역이 102%로 가장 많은 것으로 조사되었다.

Table 9. Descriptive analysis for geography

Region code	River (ea)	River rate (%)
1	40	99.6
2	50	60
3	29	80.0
4	32	50.7
5	35	87.1
6	29	65.6
7	102	59.5
8	516	62.7
9	254	55.8
10	174	71.0
11	544	102.0
12	472	47.0
13	561	45.0
14	365	59.0
15	683	45.0
16	60	62.0

Table 10은 건설환경요인의 도시공원, 지역면적, 공원녹지비율, 댐, 절토사면, 고층건물의 기술통계를 나타낸다. Table 10과 같이, 도시공원과 지역면적은 경기지역이 약 5천만^{km}², 약 4억^{km}²으로 가장 컸으며 공원녹지비율은 인천이 15.71%로 가장 높았다. 본 연구의 분석에는 공원 녹지비율의 데이터만 적용되며 도시공원과 지역 면적의 데이터는 공원녹지비율을 알기위한 보조 자료이다. 또한 댐은 전남지역이 96개, 절토사면은 강원지역이 87개, 고층건물은 서울과 경기지역이 약 3만 7천동으로 가장 많은 것으로 조사되었다. 또한, Table 10의 변수들은 시간이 지남에 따라

데이터의 변동이 있는 데이터이므로 2003년부터 2014년까지의 데이터를 평균한 것으로 조사하였다.

Table 10. Descriptive analysis for construction environment

Region code	Park (km ²)	Region area (km ²)	Park rate (%)	Dam (ea)	Slope (ea)	High-rise building (ea)
1	16.41	216.30	7.58	0	1	37,729
2	8.36	104.07	8.03	1	5	12,469
3	7.87	81.73	9.63	7	5	6,190
4	13.03	82.96	15.71	10	0	8,763
5	6.05	56.74	10.67	3	1	4,751
6	8.21	63.57	12.91	2	6	5,078
7	1.97	44.71	4.40	5	7	3,764
8	50.58	496.84	10.18	41	26	37,515
9	3.50	163.29	2.14	39	87	3,958
10	7.08	154.47	4.59	33	46	3,848
11	7.11	242.34	2.93	68	50	5,055
12	5.15	204.21	2.52	70	15	4,115
13	8.87	279.78	3.17	96	19	3,836
14	6.35	301.23	2.11	92	84	5,156
15	7.94	252.21	3.15	55	47	9,224
16	1.81	58.51	3.09	0	0	1,384

4.2 회귀분석

4.2.1 정규성 검정

본 연구의 목적인 상관 분석 및 회귀분석을 통하여 태풍타입별 건물피해율 예측 모델을 개발하기 위해서는 종속변수인 건물피해율에 관한 정규성검정이 필요하다.

Figure 3은 건물피해율에 관한 표준화 잔차의 정규성 검정을 나타낸 것으로 히스토그램과 P-P도표에서 나타나듯이 표준화 잔차는 정규분포를 따른다라는 정의를 기각하게 된다. 그러므로 본 회귀모형의 종속변수를 가변수로 설정하는 것이 필요하다. 이에 본 연구에서는 식(2)과 같이 로그함수를 활용하여 종속변수를 가변수화 하였다.

$$\text{Transformed DR} = \text{Ln}(\text{Original DR}) \text{ ----- (2)}$$

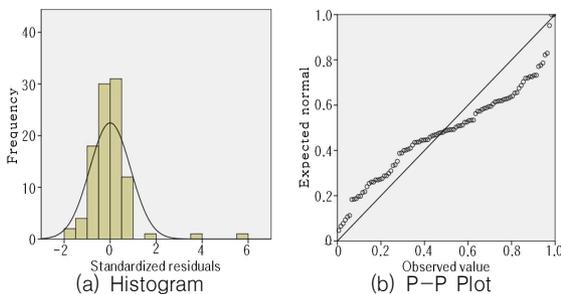


Figure 3. Check for normality of original value

Figure 4는 종속변수를 가변수화 시킨 표준화 잔차에 대한 정규성 검정을 한 것으로 히스토그램과 P-P도표에서 나타나듯이 가변수화 시킨 종속변수의 표준화 잔차는 정규분포를 따른다는 것을 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 로그함수를 활용한 종속변수인 Ln(DR)을 활용하여 회귀분석을 실시하였다.

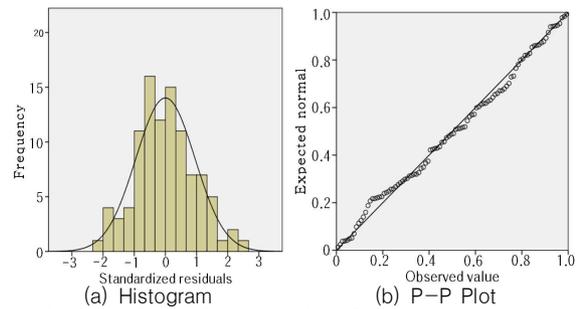


Figure 4. Check for normality of transformed value

4.2.2 분석개요

다중회귀분석은 둘 이상의 변수들 간에 존재하는 관련성을 분석하기 위한 선형회귀모형으로 종속변수를 설명하기 위하여 두 개 이상의 독립변수가 사용된다. 회귀분석 방법은 Table 11과 같이 변수의 형태에 따라 결정되며, 본 연구에서 설정한 종속변수와 독립변수는 연속형 변수로서 다중회귀분석을 사용 하였다.

Table 11. Analysis method in accordance with the variable shape

Variable type	Categorical independent	Continuous independent
Categorical dependent	<ul style="list-style-type: none"> Chi-square test Log linear model Logistic regression 	<ul style="list-style-type: none"> Logistic regression Probit analysis Discriminant analysis
Continuous dependent	<ul style="list-style-type: none"> Analysis of variance Analysis of covariance Dummy variable regression 	<ul style="list-style-type: none"> Analysis of covariance Dummy variable regression Linear regression

본 연구에서는 과거의 태풍으로 인한 건물피해액 데이터를 사용하여 방정식을 만들고, 이를 이용하여 추후 각 태풍타입을 방정식에 적용하여 미래의 태풍 타입별 건물피해율을 예측하기 위한 것으로, 상관분석을 통해 태풍 타입별 건물피해율에 영향을 미치는 변수들로 회귀분석을 실시하여 태풍 타입별에 따른 건물피해율 예측모델 개발을 목적으로 한다.

이를 위해 식(3)과 같이 회귀모형을 구축하였다. 종속변수

는 건물피해율이며 독립변수는 태풍타입 7가지, 태풍정보요인, 지리정보요인이다. 식(3)을 통하여 본 논문에서는 종속변수로 설정한 태풍 타입별 건물피해율이 독립변수로 선정된 요인들과 관계가 있다는 가설을 설정하였다.

$$DR = \beta_0 + \beta_1 \cdot MS + \beta_2 \cdot WS + \beta_3 \cdot WR + \beta_4 \cdot RF + \beta_5 \cdot NR + \beta_6 \cdot RR + \beta_7 \cdot GP + \beta_8 \cdot ND + \beta_9 \cdot CS + \beta_{10} \cdot HB + \beta_{11} \cdot TT \quad (3)$$

여기서,

- DR : 건물피해율 (Building Damage rate)
- MS : 태풍이동속도 (Moving Speed)
- WS : 최대풍속 (Wind Speed)
- WR : 강풍반경 (Wind Radius)
- RF : 일최다강수량 (Rainfall)
- NR : 하천개소수(Number of River)
- RR : 완전개수율(River rate)
- GP : 공원녹지비율(Green of Park rate)
- ND : 댐 (Number of Dam)
- CS : 절토사면(Cut Slope)
- HB : 고층건물(High rise Building)
- TT : 태풍타입 코드 (Typhoon Type code)

4.2.3 분석결과

회귀분석 결과 Table 12와 같이 수정된 R²값은 0.552로 태풍 타입에 따른 건물피해율 예측에 대하여 5개의 변수를 통해 55.2%의 설명력을 가지고 있다는 것을 보여준다. 5개의 독립변수는 본 논문의 종속변수와 유의수준 0.05이하, VIF(다중공선성)이 10미만을 만족하는 독립변수들이다.

본 논문은 직접 실험하여 결과 값이 나오는 논문이 아닌 과거의 데이터를 활용하여 결과를 도출하는 사회현상의 일부인 재해에 관한 것으로 설명력 55.2%는 낮은 것으로 판단된다. 본 논문과 비슷한 재해 연구들 중에서도 Kwon et al.[18]은 회귀분석을 통하여 강원지역의 대설 관련 피해액 추정 모델을 개발 하였으며, R²값이 0.112값으로 진행되었으며, Lee et al.[19]는 베트남의 풍수해 관련에 대한 국제적 원조를 위한 지리적 기초자료를 제공하기 위해 회귀분석을 사용하였는데, R²값이 0.517로 본 논문과 비슷한 결과로 연구를 진행하였다.

또한, Hideki Toya et al.[20]의 연구에서 알 수 있듯이 사회현상의 독립변수들을 사용 하였을 경우 회귀모델의 설명력이 35%이하로 작게 나타나는 경향이 있으므로 본 논문의 R²값은 낮은 편이 아니라고 판단된다.

Table 12. Summary of regression analysis

Model	R	R square	Adjusted R square	Standard error of estimate
Statistic	.774	.600	.552	1.524

Table 13. Analysis of variance

Model	Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Regression	289.301	10	28.930	12.441	.000
Residual	193.011	83	2.325		
Total	482.312	93			

Table 13은 본 모형의 분산분석을 진행한 결과로 유의확률이 0.05 이하인 것으로 모형의 활용이 유의미 하다고 분석되었다.

Table 14. Coefficient of regression

Model	B	Std. Error	t	Sig.	VIF
(constant)	-.236	1.786	9.132	.0895	
MS	.026	.018	1.434	.155	1.571
WS	.087	.027	3.184	.002	2.066
WR	.004	.002	2.157	.034	1.627
RF	.009	.003	3.301	.001	1.371
NR	-.001	.002	-.537	.593	5.166
RR	-.015	.016	-.925	.358	1.765
GP	-.046	.067	-.686	.495	2.575
ND	.019	.010	1.916	.059	4.645
CS	-.027	.007	-3.673	.000	1.631
HB	-6.483E-5	.000	-2.589	.011	2.746
TT	.134	.176	.079	.451	2.105

또한, Table 14는 가변수화 한 종속변수를 대상으로 각 변수별 회귀 계수 및 다중공선성 지표인 VIF(Variance inflation Factor)을 나타낸 것이다. 다중공선성은 독립변수간의 상관관계를 나타내는 것으로 VIF값이 10이상인 있다면, 다중공선성에 문제가 있는 것으로 독립변수 선정에 오류가 있다는 것을 나타내지만, 본 연구의 모든 변수가 10 미만을 나타내므로 Table 14에 나타나는 β값을 신뢰 할 수 있다.

식(4)는 본 연구에서 개발한 회귀모형을 나타낸다. 수정된 R²이 0.552로 본 모형의 설명력은 55.2%를 가지고 있는 것으로 분석된다. 그러므로 44.8%의 알려지지 않은 변수들이 있을 것으로 예상되며, 이에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

$$\ln(DR) = -0.236 + 0.087 \cdot WS + 0.004 \cdot WR + 0.009 \cdot RF - 0.027 \cdot CS - 0.00006483 \cdot HB \quad (4)$$

- ① WS(최대풍속)이 1m/s 증가함에 따라 ln(DR)이 0.087만큼 증가하는 것을 나타낸다.
- ② WR(강풍반경)이 1km 증가함에 따라 ln(DR)이 0.004만큼 증가 하는 것을 나타낸다.
- ③ RF(일최다강수량)이 1mm 증가함에 따라 ln(DR)이 0.009 만큼 증가하는 것을 나타낸다.
- ④ CS(절토사면)이 1개소 증가함에 따라 ln(DR)이 0.027만큼 감소하는 것을 나타낸다.
- ⑤ HB(고층건물)이 1동 증가함에 따라 ln(DR)이 6.483E-5만큼 감소하는 것을 나타낸다.

4.2.4 검증

본 연구에서 개발한 회귀모형의 검증을 위하여 종속변수를 식(5)와 같이 변환하였다. 검증은 회귀모형으로 산정된 예측값과 실제 건물피해율과의 차이를 비교 및 검증 하였다.

$$Predicted\ DR = 10^{\ln(DR)} \quad (5)$$

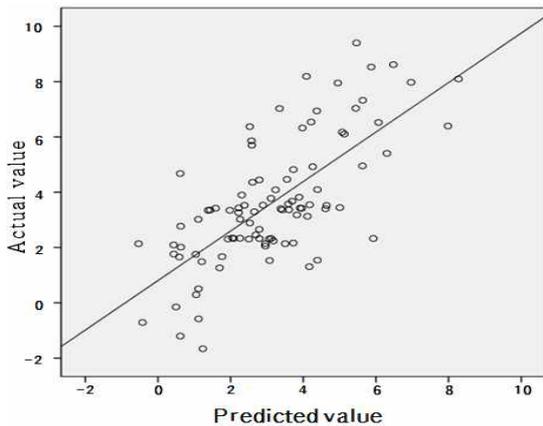


Figure 5. Predicted value vs. actual value

Figure 5는 본 연구에서 설정한 종속변수 ln(BR)을 활용하여 구한 회귀모형의 예측값과 연구를 진행하기 위해 수집한 실측값의 건물피해율을 비교한 산점도이다. 이를 통하여 예측값과 실측값은 선형관계를 이루는 것을 알 수 있으며, 산점도를 통하여 나타나는 점의 거리는 예측의 정확도를 나타내는 것으로 볼 수 있다.

5. 결 론

본 연구는 한반도에 영향을 미친 태풍 타입별 건물피해율 예측모형을 개발하기 위하여 2003년부터 2014년까지의 재해연보와 선행연구를 토대로 태풍 및 태풍으로 인한 건물피해율 데이터를 수집한 후 회귀분석을 실시하였다. 본 연구의 회귀분석 결과는 다음과 같다.

첫째, 재해연보와 국가태풍센터를 토대로 국내에 영향을 미친 태풍을 조사한 결과, 피해액이 없는 태풍을 제외한 총 14개의 태풍이 조사되었으며 본 연구에서 선정된 영향요인들과 함께 기술통계를 실시하였다. 둘째, 종속변수인 건물피해율과 크게 4가지의 독립변수인 태풍 7가지 타입, 태풍정보 요인, 지리정보요인, 건설환경요인을 회귀분석을 실시한 결과, 5개의 영향인자가 도출되었다. 최대풍속, 강풍반경, 일최다강수량, 절토사면, 고층건물이 건물피해율에 영향력이 있는 것으로 나타났다. 셋째, 도출된 5개의 영향인자의 회귀계수를 토대로 태풍타입별 건물피해율 예측모형을 개발하였으며, 회귀모델의 설명력을 나타내는 R²값이 0.552로 55.2%의 설명력을 가지고 있는 것으로 나타났다.

본 연구는 기존의 선행연구와 차이를 두어 태풍으로 인한 건물피해율과 관계있는 다양한 영향요인들을 고려하였으며, 그 필요성을 입증하고 있다. 하지만 55.2%의 설명력 이외에 44.8%의 설명력을 추가로 도출하기 위해서는 태풍으로 인한 건물피해 인자를 반영해야 될 것으로 판단된다.

요 약

태풍은 인류에 큰 피해를 주는 재난재해로 몇몇 선진국에서는 태풍으로 인한 건축물 피해액 사전예측 모델에 관한 연구가 진행되고 있다. 국내에서도 해외 연구를 토대로 국내에 적용시키는 연구가 진행되었지만, 태풍의 특성이나 크기 등이 차이가 나므로 국내에 적합한 모델이 필요한 실정이다. 또한, 국내의 연구는 태풍의 특성, 지역적 특성만을 고려하여 진행 하였으나, 태풍은 복합재해로서 태풍의 특성, 지리적 특성만이 아닌 태풍의 진로, 건설환경, 등 다양한 요인을 고려하여야한다. 이에 본 연구에서는 국내에 영향을 미친 태풍을 7가지 타입으로 분류하여 건물피해액 영향인자를 도출하고, 회귀분석을 실시하여 태풍 타입별 건물피해율 예측모형을 개발 목적으로 한다. 이는 선진국의 자연재해 예측모

델들과 같이 국내의 상황에 맞는 태풍에 따른 피해를 예측하기 위한 모델 개발을 위한 자료로 활용 될 것이다.

키워드 : 태풍, 다중회귀분석, 건물피해율, 리스크평가

Acknowledgement

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (2014R1A1A1004288).

References

1. Climate Change 2014: synthesis report [Internet]. Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change. 1990 – [cited 2014 Nov 1]. Available from: www.ipcc.ch.
2. National Disaster Administration [Internet]. Korea: Ministry of Public Safety and Security. 2003 – [cited 2015 May 3]. Available from: www.mpss.go.kr.
3. Han DW. Disaster Relief System in Korea: Problems and Tasks. Korean Review of Crisis & Emergency Management. 2006 Dec;12(2):36–51.
4. Moon JI, Lee SH. A case Study on the Typology of Temporary Housing According to Disasters. Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design, Korea. 2006 Sep;22(9):141–8.
5. Shin SI. A study on Disaster Mental Health Social Work in Korea. Mental Health & Social work, Korea. 2000 Oct;10:61–83.
6. Park JG, Jeong WS, Kim JS, Kim EB. Scale typhoon damage analysis and trend analysis of typhoon forecasting models. Proceedings of the Korean Environmental Sciences Society Conference. 2012 Feb;21(1):38–40.
7. Park JG, Jeong WS, Kim EB, Kim JS. A Study on possible regional disaster prediction for the accompanying high winds in the storm. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Science. 2011 Oct;10(1):306–7.
8. Ku HY, Lee SS, Lee YK, Kim HS. Statistical Model and Characteristics of Typhoon-Induced Rainfall around Korean Peninsular. Journal of Industrial Science Technology and Institute. 2007 Dec;21(2):85–95.
9. Shin HJ, Lee WJ, Byun GY, Kim JY, Jang KH, Lee JH. Hurricane path prediction models predict the performance evaluation considering the traveling speed and direction. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Science. 2013 Dec;2013(10):372–3.
10. Chun JY, Lee KH, Kim JM, Kim DS. Inundation Analysis on Coastal Zone around Masan Bay by Typhoon Maemi(No. 0314). Journal of Ocean Engineering and Technology. 2008 Jun;22(3):8–17.
11. Lee YK, Lee SS, Kim HS. Expectation of Extreme Wind Speed due to Typhoon. Proceedings of WEIK Symposium. 2007 May;2007(10):20–6.
12. Jung WS, Park JG, Choi HJ. An Estimation of Amount of Damage Using the 3-second Gust When the Typhoon Attack. Journal of Environmental Science International, Korea. 2010 Jan;19(3):353–63.
13. Shim JH, Kim JE. An Analysis on the Interrelationship between Land-use Characteristics and Damages caused by Natural Hazards. Journal of academia-industrial technology. 2012 Sep;13(9):4319–25.
14. Kim GY, Kim SW. Developing The Evaluation Approach for Flood-Disaster Safety of Korean Local Governments Using a Multi-Criteria Decision-Making Process. The Korean Regional Development Association. 2010 Jun;2010(6):33–44.
15. Jung YK, Chang BS, Shin CG, Lee YH, Park SK. The study of Cut-slop failure characteristics caused by typhoon MAEMI. Geotechnical Engineering, Korea. 2004 Mar;2004(0):643–50.
16. Burton C. Social Vulnerability and Hurricane Impact Modeling. Natural Hazards Review. 2011 May;11(2):58–68.
17. Park JG, Kim BS, Jung WS, Kim EB, Lee DG. Change n Statistical Characteristics of Typhoon Affecting the Korean Peninsula. Asia-Pacific Journal of Atmospheric Science. 2006 Mar;16(1):1–17.
18. Kwon SH, Kim JH, Park HS, Chung GH. Snow Damage Estimation of Gangwon Province damages using Regression Analysis. Journal of Korean Society of Hazard Mitigation. 2016 Apr;16(2):437–43.
19. Lee J, Yoon CR, Y YM. A Study on Geographical Analysis of Natural Disaster and Disaster Risk Management in Vietnam on Viewpoint of International Cooperation. The Geographical Journal of Korea. 2011 Jun;45(2):265–78.
20. Toya H, Skidmore M. Economic development and the impacts of natural disasters. Economics letters. 2007 Sept;94(1):20–5.