재해연보와 풍수해 저감종합계획을 활용한 재난관리 방안 연구: 경상남도를 대상으로

A Disaster Management Plan Study Using the Disaster Yearbook and a Comprehensive Plan for Storm and Flood Damage Reduction: A Focus on Gyeongsangnum-do

송영석* · 이희섭** · 박무종***

Song, Youngseok*, Lee, Heesup**, and Park, Moojong***

Abstract

Recent climate change has increased the frequency of natural disasters, including typhoons and heavy rains. These disasters have resulted in complex damage. Natural disasters enormously affect a variety of critical areas (e.g., human life, property, and facilities), thus increasing the importance of disaster management. However, it is difficult to predict the frequency, size, and scale of such natural disasters and the resulting damage. Many disaster management studies are therefore being conducted in a variety of areas. This study examined a disaster management plan in Gyeongsangnum-do by considering damage status according to the information in the disaster yearbook from 2006 to 2017 in addition to a comprehensive si/gun/gu disaster plan designed to reduce storm and flood damage. Past natural disaster statuses were calculated according to the weight of the disaster type in the Gyeongsangnum-do disaster management plan. This study also proposes equations for calculating a budget ratio for disaster management in Gyeongsangnum-do by considering the disaster risk area and the weight of the disaster type according to the comprehensive plan to reduce storm and flood damage.

Key words : Disaster Management, Natural Disasters, Disaster Risk Area, Disaster Type, Weight, Budget Ratio

요 지

최근 기후변화에 따른 영향은 태풍, 호우 등의 자연재난에 발생빈도를 증가시켜 복합적인 피해를 유발하고 있다. 자연재난은 국가의 인명, 재산, 시설 등의 다양한 분야에서 막대한 피해를 발생시켜 재난관리에 대한 중요성이 대두되고 있다. 그러나, 자연재난은 발생빈도, 재난의 크기, 피해규모 등의 예측이 어려워 현재까지도 다양한 분야에서 재난관리를 위한 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 ‘재해연보’의 2006년부터 2017년까지의 피해현황과 시군구별 풍수해 저감종합계획의 재해위험지구를 고려한 경상남도의 재난관리 방안을 수행하였다. 경상남도의 재난관리 방안으로는 과거 자연재난의 재난유형별 피해현황과 재난발생으로 유발되는 재해유형별 가중치를 산정하였다. 또한, 풍수해 저감종합계획의 재해위험지구와 재해유형별 가중치를 고려한 경상남도의 재해유형별 재난관리 예산비율 산정식을 제안하였다.

핵심용어 : 재난관리, 자연재난, 재해유형, 가중치, 예산비율

*정회원, 한서대학교 토목공학과 박사후연구원(E-mail: kind711@hanmail.net)

Member, Ph.D, Department of Civil Engineering, Hanseo University

**정회원, 한서대학교 토목공학과 박사과정

Member, Ph.D Candidate, Department of Civil Engineering, Hanseo University

***교신저자, 정회원, 한서대학교 토목공학과 교수(Tel: +82-70-8238-5646, Fax: +82-41-660-1119, E-mail: mjpark@hanseo.ac.kr)

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

1. 서론

자연현상으로 발생하는 자연재난은 복합적인 원인으로 재난별 다양한 재해를 유발하며 인명피해, 피해금액, 복구금액 등의 피해발생은 국가적으로 막대한 손실을 일으키고 있다. 자연재난은 인간의 인위적인 노력으로는 재난의 발생을 막을 수 없을 뿐만 아니라 최근 다양한 연구 및 시스템 개발에도 정밀한 재난예측은 어려움이 있다. 그러나, 자연재난에 따른 피해를 저감하기 위해서 국내외에서는 다양한 연구와 시스템 구축 그리고 피해예측이나 피해액을 산정하는 연구가 수행되고 있다.

국내외 자연재난의 재난관리를 위한 선행연구로는 태풍, 폭설, 폭풍, 호우, 대설 등에서 발생한 직접적인 피해액을 산정하는 추정식 뿐만 아니라 기후변화에 따른 이상기후의 발생으로 경제적인 영향까지 고려한 산정식이 제안되었다(Kahn, 2005; Toya and Skidmore, 2007; Cavallo et al., 2009; Cavallo and Noy, 2010; So, 2011; Gil, 2011; Kunkel et al., 1999; Jeong and Heo, 2014; Lee et al., 2016). 자연재난으로 인한 사회적 요소 및 경제적 요소(학교 수업일수, 정부예산규모 등)를 고려한 인명피해와 GDP(Gross Domestic Product) 당 피해액을 예측하고 허리케인, 지진, 홍수의 데이터베이스를 구축하여 재난 피해정도를 추정치로 산정하여 비교 분석하였다(Gall et al., 2009; Gall et al., 2011; Prael et al., 2012; Jeong and Heo, 2014). 국내에서는 재난관리를 위한 홍수피해의 취약성 지수, 홍수피해지표, 피해액 추정을 위한 다차원법 등의 홍수관련 피해를 평가하고 취약지역을 선정하는 연구가 수행되었다(Jang and Kim, 2009; Park et al., 2010; Choi et al., 2006a, 2006b; Kim et al., 2014). 자연재난의 피해액 추정식은 지역, 재난, 경제 등의 관계에 따라 차이점을 보이고 있으며 대부분 자연재난 중 한 개 재난에 대한 피해액을 추정하는 연구가 대부분이다. 또한, 재난에 대한 인명피해와 사회적요인을 고려한 피해액을 예측하고 추정식을 개발하는 연구가 진행되었다. 그러나, 자연재난으로 발생하는 재해별의 연관성이나 피해금액을 고려한 재난관리의 연구는 수행되지 않았다.

보험회사에서는 자연재난 발생시 피해보상을 위해 국가의 개발수준과 자연재난 크기 및 피해에 대하여 연구를 수행하였다. 재난피해에 대한 보상은 보험회사에서 자연재난의 피해 데이터를 바탕으로 독일은 폭풍, 미국은 바람과 폭풍에 대하여 재난의 크기와 피해에 대한 산정식을 개발하여 적용하였다(Prael et al., 2015; Zhai and Jiang, 2014; Kron et al., 2012). 또한, 개발된 산정식을 통해 자연재난의 고위험 지역을 평가하여 재난의 잠재적 영향에 따라 재해보상 비용을 산정하는데 활용하였다(Lee et al., 2015; Camerer et al., 1989). 국외의 보험관련 연구도 재난별 크기와 피해의 산정식을 개발하거나 자연재난의 발생 위험도가 높은 고위험 지역을 평가하여 보험관련 비용 산정의 연구를 진행하였

다. 그러나, 본 연구에서는 경상남도를 지역적 한계는 있지만 자연재난 전체를 대상으로 재해별 가중치를 산정하여 재난을 통합적으로 고려한 산정식을 제안하고자 한다.

국가의 경제력 차이는 자연재난 발생시 피해, 복구, 저감 등의 영향과 연관성이 있다. 자연재난의 피해는 정치적 및 경제적 요소가 체계적일수록 피해가 감소하며 인명피해와 경제적 요인에 따른 인명피해율을 제시하였다(Kahn, 2005; Kunreuther, 1996; Anbarci et al., 2005; Escaleras et al., 2007; Neumayer and Plumper, 2007; Keefer et al., 2011; Neumayer and Barthel, 2011). 미국에서는 국가별 GDP와 자연재난의 피해금액이 매년 약 2% 동일하게 증가하였으며 자연재난은 일반 지역보다 부유한 지역에서 재난피해가 더 크게 발생하여 저감시설의 설치로 재난을 완화시켜야 한다고 제안하였다(Schumacher and Strobl, 2011; Aon Benfield, 2013; Barthel and Neumayer, 2012; Pielke et al., 1999). 또한, 국내에서는 도시개발에 따른 토지이용 면적이나 특성에 따라 자연재해 발생시 피해면적과 피해액 발생이 상관성이 있다고 정량적인 증가량과 저감방안을 제시하였다(Choi, 2003; Shim and Kim, 2012). 자연재난의 발생은 국가의 경제력이나 도시개발의 영향에 따라 피해영향이나 피해범위의 차이가 발생하여 경제적 요인에 따른 인명피해율의 제시나 도시개발로 부유한 지역에서 재난피해가 더 크게 발생한다는 연구결과가 도출되었다. 그러나, 선행연구는 지역적 및 경제적 특성이 제한적인 반면 본 연구는 각 지역별 재난 피해이력을 고려한다면 재해별 가중치 산정이나 피해금액 산정식을 적용할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 경상남도를 대상으로 ‘재해연보’에서 자연재난의 피해현황과 풍수해 저감종합계획에서 선정한 재해유형별 위험지구를 고려한 재난관리 방안을 연구하고자 한다. 경상남도의 재난관리 방안으로는 과거 피해현황과 자연재난의 재해유형별 가중치 산정식을 제안하고자 한다. 또한, 경상남도 전체의 재해위험지구를 고려하여 재해유형별 재난관리를 위한 예산비를 산정식을 개발하고자 한다.

2. 대상지역

2.1 일반현황

본 연구의 대상지역인 경상남도는 국내의 남동부 일대에 위치하고 8개 시와 10개 군으로 총 18개의 시군으로 구성된 행정구역이다. 경상남도는 소백산맥을 중심으로 서부산지와 태백산맥 말단부의 동부고지, 낙동강 연안의 중앙저리에 위치하고 있다(Fig. 1).

경상남도의 면적은 국내 전체면적에 약 10.5%인 10,540 km²을 차지하고 있으며, 인구는 전체 인구수의 약 6.5%인 3,375천명으로 면적과 인구수가 전국 4위에 해당하는 행정구역이다. 경상남도는 남해안에 위치하고 있어 총 18개의

Fig. 1. Study Area

시군구 중 7개가 연안에 위치하고 있다. 경상남도는 낙동강을 중심으로 국가하천이 10개로 3위, 지방하천이 671개로 1위, 소화천이 3,447개로 2위로 전국 행정구역 중 하천의 수가 높게 분포되어 있다(Table 1).

2.2 자연재난 피해현황

국내에서 2006년부터 2017년까지 발생한 자연재난의 피해현황을 ‘재해연보’를 통해 인명피해, 피해금액, 복구금액에 대하여 조사하였다. 국내는 1개의 특별시, 6개 광역시, 1개 특별자치시, 8개 도, 1개 특별자치도로 총 17개의 행정구

역으로 구분되어 있다. 본 연구의 대상지역인 경상남도에서 발생한 자연재난의 피해현황은 인명피해는 10명으로 8위, 피해금액은 722십억으로 3위, 복구금액은 1,748십억으로 2위에 해당한다(Fig. 2).

본 연구의 대상지역인 경상남도과 국내 행정구역에서 발생한 자연재난의 피해현황을 비교하면 인명피해는 전국 232명 중 10명으로 약 4.3%, 피해금액은 전국 5,727십억 중 722십억으로 약 12.6%, 복구금액은 전국 11,505십억 중 1,748십억으로 약 15.2%에 해당한다(Table 2). 2006년부터 2017년까지 발생한 자연재난의 피해현황을 검토한 결과 국내의 17개 행정구역 중 강원도, 경기도, 전라남도, 경상남도는 자연재난의 피해가 많이 발생한 행정구역에 해당한다.

3. 재해연보와 풍수해 저감종합계획의 피해현황

3.1 자연재난 피해현황

경상남도에서 발생한 자연재난의 피해현황은 ‘재해연보’에서 인명피해, 피해금액, 복구금액의 자료를 수집하였다. ‘재해연보’에서의 자연재난은 태풍, 호우, 대설, 강풍 및 풍랑, 지진에 대하여 피해현황을 제시하고 있으며 본 연구에서는 2006년부터 2017년까지 발생한 경상남도의 자연재난 피해현황을 분석하였다. 경상남도에서 발생한 인명피해는 태풍이 2명, 호우가 8명, 피해금액은 태풍이 329십억, 호우가 384십억, 그 외 재난에서 10십억, 복구금액은 태풍이 771십억, 호우가 971십억, 그 외 재난에서 6십억이 발생하였다(Fig. 3).

경상남도에서 12년간 자연재난으로 발생한 피해현황의 대부분은 태풍과 호우에서 발생하였다. 태풍과 호우에서 발생한 인명피해는 총 10명으로 100%, 피해금액은 총 722십억 중 713십억으로 98.6%, 복구금액은 총 1,748십억 중 1,742십억으로 99.6%가 발생하였다. 또한, 경상남도의 복구금액은 피해금액의 약 2.4배 많이 발생하였다(Table 3).

Table 1. General Status of Gyeongsangnam-do

Classifications	Korea	Gyeongsangnam-do	Ratio (%)	Ranking
Population (Thousand People) ¹⁾	51,762	3,375	6.5	4
Area (km ²) ²⁾	100,339	10,540	10.5	4
Urban Area (km ²) ²⁾	-	1,813	17.2	
Non-Urban Area (km ²) ²⁾	-	8,726	82.8	
Coastal Area (Si/Gun/Gu)	74	7	9.5	3
National River (Counts) ³⁾	88	10	11.4	3
Local River (Counts) ³⁾	3,855	671	17.4	1
Small Stream (Counts) ⁴⁾	22,168	3,447	16.5	2

Note) 1) Korea Statistical Information Service, <http://kosis.kr>, 2) LH (2016). Status of Administrative Districts.,

3) RIMGIS, <http://www.river.go.kr/>, 4) Ministry of the Interior and Safety (2016). Small Stream List in Korea.

Fig. 2. Damage Ranking of Natural Disaster in Gyeongsangnum-do by Administrative District

Table 2. Damage Status of Natural Disaster by Administrative District

Administrative District	Human losses			Damage Costs			Recovery Costs		
	People	Ratio (%)	Ranking	Billion Won	Ratio (%)	Ranking	Billion Won	Ratio (%)	Ranking
Gyeongsangnum-do	10	4.3	8	722	12.6	3	1,748	15.2	2
Seoul	28	12.1	3	62	1.1	12	146	1.3	12
Busan Metropolitan City	8	3.4	10	201	3.5	9	558	4.9	7
Daegu Metropolitan City	0	0.0	16	2	0.0	16	2	0.0	16
Incheon Metropolitan City	7	3.0	11	30	0.5	13	44	0.4	13
Gwangju Metropolitan City	1	0.4	14	23	0.4	14	20	0.2	14
Daejeon Metropolitan City	1	0.4	14	6	0.1	15	9	0.1	15
Ulsan Metropolitan City	6	2.6	13	100	1.7	11	205	1.8	11
Sejong City	0	0.0	16	1	0.0	17	1	0.0	17
Gyeonggi-do	59	25.5	1	619	10.8	4	1,273	11.1	4
Gangwon-do	44	19.0	2	1,649	28.8	1	3,037	26.4	1
Chungcheongbuk-do	10	4.3	8	245	4.3	8	518	4.5	9
Chungcheongnam-do	7	3.0	11	355	6.2	6	525	4.6	8
Jeollabuk-do	13	5.6	5	332	5.8	7	716	6.2	6
Jeollanam-do	12	5.2	6	765	13.4	2	1,405	12.2	3
Gyeongsangbuk-do	12	5.2	6	432	7.5	5	938	8.2	5
Jeju-do	14	6.0	4	184	3.2	10	360	3.1	10
합계	232	100.0		5,727	100.0		11,505	100.0	

Note) Ministry of the Interior and Safety (2006 ~ 2017). 2006 ~ 2017 Disaster Year Book

(a) Human Losses

(b) Damage Costs and Recovery Costs

Fig. 3. Damage Status of Natural Disaster in Gyeongsangnam-do

Table 3. Damage Status of Natural Disaster by Disaster Type in Gyeongsangnam-do

Natural Disaster	Human losses		Damage costs		Recovery costs	
	People	Ratio(%)	Billion Won	Ratio(%)	Billion Won	Ratio(%)
Typhoon	2	20.0	329	45.5	771	44.1
Heavy Rainfall	8	80.0	383	53.1	971	55.5
Heavy Snowfall	0	0.0	3	0.4	1	0.1
Extreme Wind & Wind Wave	0	0.0	7	1.0	5	0.3
Earthquake	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Sum	10	100.0	722	100.0	1748	100.0

Note) Ministry of the Interior and Safety (2006 ~ 2017). 2006 ~ 2017 Disaster Year Book.

3.2 풍수해 저감종합계획의 위험지구 현황

풍수해 저감종합계획은 ‘자연재해대책법’ 16조에 따라 국내의 시군구에서 태풍, 홍수, 호우, 강풍 및 풍랑, 해일 등 풍수해의 예방 및 저감을 위한 방재분야 최상위 계획이다. 풍수해 저감종합계획은 지역특성을 고려한 재해위험도 및 재해저감대책과 관련된 하천재해, 내수재해, 사면재해, 토사재해, 해안재해, 바람재해, 기타재해로 구분하여 재해위험지구를 수립하고 있다.

경상남도는 18개의 시군구가 위치하고 있는 행정구역으로 풍수해 저감종합계획이 모든 시군구를 대상으로 수립되어야 하며, 풍수해 저감종합계획의 수립, 진행, 자료 확보에 대한 내용은 Table 4와 같다. 경상남도 18개의 시군구 중 풍수해 저감종합계획의 수립이 완료된 시군구는 총 16개이며 2개는 현재 수립이 진행 중이다. 본 연구에서는 경상남도 시군구를 대상으로 풍수해 저감종합계획 보고서를 수집하였으며 시군구의 보완 및 수정으로 16개의 시군구 중 3개를 제외한 13개의 시군구의 자료를 바탕으로 연구를 수행하였다.

경상남도의 13개 시군구에 대한 풍수해 저감종합계획에서는 하천재해, 내수재해, 사면재해, 토사재해, 해안재해, 바람재해의 재해위험지구를 선정하였다. 13개 시군구에서

선정한 재해위험지구는 총 1,195개이며 각 시군구별 재해에 대한 현황은 Fig. 4와 같다.

Fig. 4. Risk Area Status by Disaster in Si/Gun/Gu of Gyeongsangnam-do

Table 4. Established status of Comprehensive Plan for Storm and Flood Damage Reduction by Si/Gun/Gu of Gyeongsangnum-do

Si/Gun/gu	Completion	Underway	Obtain	Si/Gun/gu	Completion	Underway	Obtain
Geoje-si		○	-	Uiryeong-gun	○		○
Geochang-gun	○		○	Jeju-do	○		×
Goseong-gun	○		○	Changnyeong-gun	○		○
Gimhae-si	○		○	Changwon-si	○		○
Namhae-gun	○		○	Tongyeong-si	○		○
Miryang-si	○		○	Hadong-gun	○		×
Sacheon-si	○		○	Haman-gun	○		○
Sancheong-gun	○		○	Hamyang-gun		○	-
Yangsan-si	○		○	Hapcheon-gun	○		×
Count					16	2	13

경상남도 13개의 시군구에서 선정된 재해위험지구는 총 1,195개이며 하천재해는 494개로 41.3%, 내수재해는 201개로 16.8%, 사면재해는 296개로 24.8%, 토사재해는 105개로 8.8%, 해안재해는 72개로 6.0%, 바람재해는 27개로 2.3%에 해당한다(Table 5). 풍수해 저감종합계획에서 선정된 재해위험지구 중 하천, 내수, 사면, 토사는 전체 위험지구에 약 90%에 해당하며 이는 경상남도의 자연재난 피해현황에 약 99%가 태풍과 호우에서 발생한 것과 유사한 결과로 분석되었다.

Table 5. Risk Area Status by Disaster in Gyeongsangnum-do

Disaster Type	Risk Area (Count)	Ratio (%)
River Disaster	494	41.3
Inland Disaster	201	16.8
Slope Disaster	296	24.8
Landslide Disaster	105	8.8
Coastal Disaster	72	6.0
Wind Disaster	27	2.3
Sum	1,195	100.0

4. 경상남도의 재난관리 방안

4.1 피해현황을 고려한 풍수해 재해별 가중치 산정

자연재난의 피해현황은 재난별 발생된 피해이며, 풍수

해 저감종합계획에서의 재해위험 지구는 재난 발생으로 유발되는 위험지구를 재해별로 구분하여 선정한다. 자연재난은 그 유형에 따라 다양한 재해를 복합적으로 유발시켜 재난에 따른 재해를 단정하기에는 어려움이 있다. 따라서, 본 연구에서는 ‘재해연보’에서 조사한 자연재난의 재난유형인 태풍, 호우, 대설, 강풍 및 풍랑, 지진과 풍수해 저감종합계획의 하천재해, 내수재해, 사면재해, 토사재해, 해안재해, 바람재해에 대하여 재난과 재해의 연관성을 정의하고자 한다.

자연재난에서 태풍은 강우, 바람, 해안 등에 피해를 유발하는 복합재난으로 발생 가능한 재해로는 하천재해, 내수재해, 사면재해, 토사재해, 해안재해, 바람재해로 모든 분야에서 피해가 예상된다. 호우는 강우 발생으로 하천재해, 내수재해 뿐만 아니라 토양 포화에 따른 사면재해, 토사재해에 대한 피해가 예상된다. 대설은 겨울에 발생하는 피해로서 토양의 수분이 얼어 공극이 커졌다가 눈이 녹으면서 공극의 지지력이 감소하여 사면재해, 토사재해에 대한 피해가 예상된다. 강풍 및 풍랑은 바람의 속도에 따른 바람재해와 해안지역의 월파에 따른 해안재해가 예상된다. 지진은 교량 등의 구조물 붕괴, 우수관거 파손, 사면붕괴나 산사태의 발생이 가능하며 해안에서는 쓰나미에 따른 피해로 하천재해, 내수재해, 사면재해, 토사재해, 해안재해가 예상된다. 자연재난에 따른 재해유형별 피해발생의 연관성은 Table 6과 같이 정리하였다.

Table 6. Possible of Disaster Type Caused by Natural Disaster

Natural Disaster	Possible of Disaster Type					
	River Disaster	Inland Disaster	Slope Disaster	Landslide Disaster	Coastal Disaster	Wind Disaster
Typhoon	○	○	○	○	○	○
Heavy Rainfall	○	○	○	○	-	-
Heavy Snowfall	-	-	○	○	-	-
Extreme Wind & Wind Wave	-	-	-	-	○	○
Earthquake	○	○	○	○	○	-

풍수해 저감종합계획에서는 재해위험지구의 투자우선 순위를 평가하여 재해저감을 위한 재난관리를 수행한다. 그러나, 이러한 재해위험지구의 선정은 과거의 피해현황과 재해발생 가능성을 고려하여 투자우선 순위를 산정하고 그에 따른 저감계획을 연차별로 수립한다. 그러나, 재난의 발생은 지역적 특성이 존재하고 과거에 발생한 재난의 특성을 고려한 재해위험지구의 저감계획을 수립한다면 보다 한정적인 예산에서 효율적인 재난관리가 운영될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 경상남도를 대상으로 자연재난의 피해현황과 자연재난으로 발생가능한 재해유형의 연관성을 고려하여 재해별 가중치 산정식을 Table 7과 같이 제안하였다. 재해별 가중치는 재난에 따른 발생가능한 재해유형과 과거 재난별 인명피해, 피해금액, 복구금액에 비율의 평균을 산정하여 각 재해별로 가중치를 산정하였다. 재해유형별 가중치 산정을 위한 자연재난의 피해현황의 비율 산정은 재난별로 Eq. (1)에서 Eq. (5)를 활용하여 산정할 수 있다. 하천재해의 산정방법인 Eq. (6)은 경상남도에서 발생한 태풍, 호우, 대설, 강풍 및 풍랑, 지진에 대한 인명피해, 피해금액, 복구금액의 비율의 평균을 자연재난과 연관성 있는 재해유형의 모든 합계를 분모로 산정한다. 분자는 하천재해의 영향이 있는 태풍, 호우, 지진에서 발생한 비율의 평균을 합한다. 산정된 분자와 분모에 대한 값을 하천재해의 가중치로 산정한다. 하천재해 외에 내수재해, 사면재해, 토사재해, 해안재해, 바람재해의 분모는 동일한 방법으로 산정되며 분자만 각 재해유형별 평균을 적용하여 가중치를 Eq. (7)에서 Eq. (11)로 산정한다.

경상남도를 대상으로 산정된 재해유형별 가중치의 합은 1이며 하천재해가 0.21, 내수재해가 0.21, 사면재해가 0.21, 토사재해가 0.21, 해안재해가 0.08, 바람재해가 0.08이다. 본 연구에서 산정된 가중치는 경상남도를 대상으로 산정된

가중치이며 타 행정구역의 경우 과거의 피해현황을 고려하여 가중치 산정식을 적용한 재산정이 가능하다.

$$THR = \frac{HLR_{TH} + DCR_{TH} + RCR_{TH}}{3} \quad (1)$$

$$HRR = \frac{HLR_{HR} + DCR_{HR} + RCR_{HR}}{3} \quad (2)$$

$$HSR = \frac{HLR_{HS} + DCR_{HS} + RCR_{HS}}{3} \quad (3)$$

$$EWWR = \frac{HLR_{EW} + DCR_{EW} + RCR_{EW}}{3} \quad (4)$$

$$EQR = \frac{HLR_{EQ} + DCR_{EQ} + RCR_{EQ}}{3} \quad (5)$$

여기서, TH: Typhoon, HR: Heavy Rainfall, HS: Heavy Snowfall, EW: Extreme Wind and Wind Wave, EQ: Earthquake, THR: Ratio of Typhoon, HRR: Ratio of Heavy Rainfall, HSR: Ratio of Heavy Snowfall, EWWR: Ratio of Extreme Wind and Wind Wave, EQR: Ratio of Earthquake, HLR: Ratio of Human losses, DCR: Ratio of Damage costs, RCR: Ratio of Recovery costs.

4.2 재난관리 방안

풍수해 저감종합계획에서는 재해저감을 위한 위험지구를 선정하고 재해발생위험도, 인명손실도 등을 고려하여 투자우선순위를 선정한다. 재해위험지구는 재난 발생시 재해가 예상되는 위험지구로서 상대적으로 재해에 취약한 지구이다. 재해위험지구는 평가를 통해 우선순위가 선정되거나 이는 모든 재해유형에 따른 투자 우선순위를 등급화하여 선정하게 된다. 그러나, 재난의 경우 지역적 특성에 따라

Table 7. Calculation of Weight by Disaster Type in Gyeongsangnum-do considering Previous Damage Status

Disaster Type	Weight	Equation
River Disaster	0.21	$RDW = \frac{THR_{RD} + HRR_{RD} + EQR_{RD}}{THR_{(RD-ID-SD-LD-CD-WD)} + HRR_{(RD-ID-SD-LD)} + HSR_{(SD-LD)} + EWWR_{(CD-WD)} + EQR_{(RD-ID-SD-LD-CD)}} \quad (6)$
Inland Disaster	0.21	$IDW = \frac{THR_{ID} + HRR_{ID} + EQR_{ID}}{THR_{(RD-ID-SD-LD-CD-WD)} + HRR_{(RD-ID-SD-LD)} + HSR_{(SD-LD)} + EWWR_{(CD-WD)} + EQR_{(RD-ID-SD-LD-CD)}} \quad (7)$
Slope Disaster	0.21	$SDW = \frac{THR_{SD} + HRR_{SD} + HSR_{SD} + EQR_{SD}}{THR_{(RD-ID-SD-LD-CD-WD)} + HRR_{(RD-ID-SD-LD)} + HSR_{(SD-LD)} + EWWR_{(CD-WD)} + EQR_{(RD-ID-SD-LD-CD)}} \quad (8)$
Landslide Disaster	0.21	$LDW = \frac{THR_{LD} + HRR_{LD} + HSR_{LD} + EQR_{LD}}{THR_{(RD-ID-SD-LD-CD-WD)} + HRR_{(RD-ID-SD-LD)} + HSR_{(SD-LD)} + EWWR_{(CD-WD)} + EQR_{(RD-ID-SD-LD-CD)}} \quad (9)$
Coastal Disaster	0.08	$CDW = \frac{THR_{CD} + EWWR_{CD} + EQR_{CD}}{THR_{(RD-ID-SD-LD-CD-WD)} + HRR_{(RD-ID-SD-LD)} + HSR_{(SD-LD)} + EWWR_{(CD-WD)} + EQR_{(RD-ID-SD-LD-CD)}} \quad (10)$
Wind Disaster	0.08	$WDW = \frac{THR_{WD} + EWWR_{WD}}{THR_{(RD-ID-SD-LD-CD-WD)} + HRR_{(RD-ID-SD-LD)} + HSR_{(SD-LD)} + EWWR_{(CD-WD)} + EQR_{(RD-ID-SD-LD-CD)}} \quad (11)$
Sum	1.00	

Note) RDW: Weight of River Disaster, IDW: Weight of Inland Disaster, SDW: Weight of Slope Disaster, LDW: Weight of Landslide Disaster, CDW: Weight of Coastal Disaster, WDW: Weight of Wind Disaster, RD: River Disaster, ID: Inland Disaster, SD: Slope Disaster, LD: Landslide Disaster, CD: Coastal Disaster, WD: Wind Disaster

발생되는 재난의 유형이 상이하고 그에 따라 발생하는 재해의 양상도 바뀌게 된다. 따라서, 본 연구에서는 재난과 재해유형의 연관성을 정의하였으며 지역적 특성을 고려하기 위해 과거 피해현황을 적용하여 4.1절에서 재해유형별 가중치를 산정하였다.

국내에서는 매년 크고 작은 재난이 발생하고 그에 따른 예방, 대비, 대응, 복구의 재난관리 절차에 따라 예산을 집행하고 있다. 그러나, 행정구역별로 차이는 있지만 재난관리를 위한 예산은 모든 재난에 대비할 수 있는 충분한 예산의 확보가 실제로 어려우며 한정적인 예산에서 최대한의 재해저감을 수립해야 한다. 따라서, 본 연구에서는 풍수해 저감종합계획에서 선정된 재해위험지구와 재해유형별 가중치를 고려한 재해유형별 예산비율 산정식을 Eq. (12)에서 Eq. (17)로 제안하고자 한다. 경상남도의 재해유형별 예산비율 산정은 풍수해 저감종합계획에서 선정된 재해위험지구의 비율과 재해유형별 가중치를 활용하여 각 재난유형별 예산비율 산정식을 Table 8과 같이 제시하였다. 하천재해의 예산비율의 산정식은 Eq. (12)로 재해유형별 위험지수 개수와 가중치의 곱의 합을 분모로 산정하고 하천재해의 위험지수 개수와 가중치의 곱을 분모로 두어 예산비율을 산정한다. 그 외의 재해유형별 예산비율도 분모의 산정은 동일하며 분자만 재해유형별로 Eq. (13)에서 Eq. (17)를 적용하여 산정한다.

본 연구의 예산비율 산정식의 결과로 보아 경상남도의 재해유형별 예산비율은 전체 재난관리 예산에서 하천재해가 43.6%, 내수재해가 17.7%, 사면재해가 26.1%, 토사재해가 9.3%, 해안재해가 2.4%, 바람재해가 0.9%의 비율로 편성되어야 한다고 판단된다. 기존의 풍수해 저감종합계획에서의 종합적인 재해에 대한 위험지구를 선정하여 재해저감을 위한 투자우선순위를 선정했다면, 본 연구 결과는 지역별 재난발생의 특성을 적용하여 전체 재난관리 예산에서 각

재해유형별로 예산의 비율을 나누어 산정할 수 있다. 그리고, 각 재해유형별 재해위험지구의 투자우선순위에 따른 예산비율을 적용한 재해저감을 실시한다면 지역적 재난발생 특성과 재난위험을 동시에 고려하여 보다 효율적인 재난관리가 될 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 ‘재해연보’의 2006년부터 2017년까지의 피해현황과 시군구별 풍수해 저감종합계획의 재해위험지구를 고려한 경상남도의 재난관리 방안 연구를 수행하였다. 자연재난의 피해현황과 풍수해 저감종합계획에서 수립된 재해위험지구를 고려한 자연재난 발생시 피해가 발생하는 재해유형을 선정하고 가중치 산정식을 제시하였다. 또한, 과거에 발생한 지역특성별 자연재난의 피해현황과 재해유형별 가중치를 고려한 재해유형별 예산비율 산정식을 제안하고 경상남도를 대상으로 산정하였다. 본 연구에서 수행된 연구결과는 다음과 같다.

경상남도는 국내의 18개 시군에서 자연재난의 피해현황은 인명피해는 10위, 피해금액은 3위, 복구금액은 2위에 해당하는 자연재난에 취약한 행정구역이다. 경상남도에 대한 자연재난의 재난별 피해현황은 인명피해가 총 10명으로 태풍에서 2명, 호우에서 8명, 피해금액은 총 722십억 중 태풍이 329십억, 호우가 384십억 그 외 재난에서 10십억, 복구금액은 총 1,742십억에서 태풍이 771십억, 호우가 971십억이 발생하였다. 풍수해 저감종합계획은 경상남도의 18개의 시군구 중 13개 시군구의 자료를 수집하였으며 재해위험지구는 총 1,195개 중 자연재해가 494개, 내수재해가 201개, 사면재해가 296개, 토사재해가 105개, 해안재해가 72개, 바람재해가 27개 선정되었다.

Table 8. Budget Ratio by Disaster Type in Gyeongsangnam-do

Disaster Type	Budget Ratio (%)	Equation
River Disaster	43.6	$RDBR = \frac{RAR_{RD} \times RDW}{(RAR_{RD} \times RDW) + (RAR_{ID} \times IDW) + (RAR_{SD} \times SDW) + (RAR_{LD} \times LDW) + (RAR_{CD} \times CDW) + (RAR_{WD} \times WDW)} \times 100 \quad (12)$
Inland Disaster	17.7	$IDBR = \frac{RAR_{ID} \times IDW}{(RAR_{RD} \times RDW) + (RAR_{ID} \times IDW) + (RAR_{SD} \times SDW) + (RAR_{LD} \times LDW) + (RAR_{CD} \times CDW) + (RAR_{WD} \times WDW)} \times 100 \quad (13)$
Slope Disaster	26.1	$SDBR = \frac{RAR_{SD} \times SDW}{(RAR_{RD} \times RDW) + (RAR_{ID} \times IDW) + (RAR_{SD} \times SDW) + (RAR_{LD} \times LDW) + (RAR_{CD} \times CDW) + (RAR_{WD} \times WDW)} \times 100 \quad (14)$
Landslide Disaster	9.3	$LDBR = \frac{RAR_{LD} \times LDW}{(RAR_{RD} \times RDW) + (RAR_{ID} \times IDW) + (RAR_{SD} \times SDW) + (RAR_{LD} \times LDW) + (RAR_{CD} \times CDW) + (RAR_{WD} \times WDW)} \times 100 \quad (15)$
Coastal Disaster	2.4	$CDBR = \frac{RAR_{CD} \times CDW}{(RAR_{RD} \times RDW) + (RAR_{ID} \times IDW) + (RAR_{SD} \times SDW) + (RAR_{LD} \times LDW) + (RAR_{CD} \times CDW) + (RAR_{WD} \times WDW)} \times 100 \quad (16)$
Wind Disaster	0.9	$WDBR = \frac{RAR_{WD} \times WDW}{(RAR_{RD} \times RDW) + (RAR_{ID} \times IDW) + (RAR_{SD} \times SDW) + (RAR_{LD} \times LDW) + (RAR_{CD} \times CDW) + (RAR_{WD} \times WDW)} \times 100 \quad (17)$
Sum	100.0	

Note) RDBR: Budget Ratio of River Disaster, IDBR: Budget Ratio of Inland Disaster, SDBR: Budget Ratio of Slope Disaster, LDBR: Budget Ratio of Landslide Disaster, CDBR: Budget Ratio of Coastal Disaster, WDBR: Budget Ratio of Wind Disaster, RAR: Ratio of Risk Area

자연재난의 발생은 복합적인 재해를 유발하는 요인으로 재난으로 발생하는 재해를 단정하기에는 어려움이 있다. 따라서, 본 연구에서는 ‘재해연보’에서 자연재난의 유형과 풍수해 저감종합계획의 재해유형에 대한 연관성을 정의하였다. 재난별 재해유형의 연관성은 태풍이 하천, 내수, 사면, 토사, 해안, 바람, 호우가 하천, 내수, 사면, 토사, 대설이 사면, 토사, 강풍 및 풍랑이 해안, 바람, 지진이 하천, 내수, 사면, 토사, 해안으로 분류하였다.

풍수해 저감종합계획에서 재해위험지구는 종합적인 재해별 위험지구의 투자우선순위를 평가하여 재해저감을 위한 재난관리를 수행한다. 재난의 발생은 지역별 특성이 존재하며 재난별 연관된 재해유형도 상이하다. 본 연구에서는 자연재난의 피해현황과 자연재난별 재해유형별 연관성을 고려하여 재해유형별 가중치 산정식을 제안하고 경상남도를 대상으로 적용하였다. 경상남도의 재해유형별 가중치는 하천재해가 0.21, 내수재해가 0.21, 사면재해가 0.21, 토사재해가 0.21, 해안재해가 0.08, 바람재해가 0.08로 산정되었다.

또한, 행정구역별 재난관리는 한정적인 예산으로 최대한의 재해저감을 수립하기 위해 풍수해 저감종합계획에서 선정된 재해위험지구와 재해유형별 가중치를 고려한 예산 비율의 산정식을 제안하였다. 경상남도의 재해유형별 예산 비율은 전체 재난관리 예산에서 하천재해가 43.6%, 내수재해가 17.7%, 사면재해가 26.1%, 토사재해가 9.3%, 해안재해가 2.4%, 바람재해가 0.9%이 산정되었다.

본 연구의 결과는 한정적인 재난관리 예산에서 과거의 자연재난의 피해현황의 지역적 특성을 고려하여 재해유형별 합리적인 재해복구 및 재해저감을 위한 예산을 결정하는 방법으로 활용이 가능하다. 또한, 본 연구에서는 경상남도를 대상으로 재해유형별 예산비율을 산정하였지만, 다른 행정구역의 자연재난 피해현황과 재해위험지구의 데이터를 확보한다면 향후 지역적 재난관리를 위한 재해유형별 예산편성에 참고할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 정부(행정안전부)의 재원으로 재난안전기술개발 사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [MOIS-재난-2015-03].

References

Anbarci, N., Escaleras, M., Register, C.A. (2005). Earthquake fatalities: The interaction of nature and political economy. *Journal of Public Economics*, Vol. 89, No. 9-10, pp. 1907-1933.

Aon Benfield. (2013). *Annual Global Climate and Catastrophe Report: Impact Forecasting - 2012*. Chicago, IL.

Barthel, F., and Neumayer, E. (2012). A trend analysis of

normalized insured damage from natural disasters. *Climatic Change*, Vol. 113, No. 2, pp. 215-237.

Camerer, C.F., and Kunreuther, H. (1989). Decision processes for low probability events: Policy implications. *Journal of Policy Analysis and Management*, Vol. 8, No. 4, pp. 565-592.

Cavallo, E., and Noy, I. (2010). *The economics of natural disasters: A survey*. IDB Working Paper No. 124, Inter-American Development Bank.

Cavallo, E., Powell, A., and Becerra, O. (2009). Estimating the direct economic damages of the earthquake in Haiti. *The Economic Journal*, Vol. 120, pp. F298-F312.

Changnyeong-gun. (2013). *Changnyeong-gun comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.

Changwon-si. (2015). *Changwon-si comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.

Choi, C.I. (2003). A study on natural hazards vulnerability in urban area land use change: In case of Kyonggi Province. *Journal of Korea Planning Association*, Vol. 38, No. 2, pp. 35-48.

Choi, S.A., Yi, C.S., Shim, M.P., and Kim, H.S. (2006a). Multi-dimensional flood damage analysis (I): Principle and procedure. *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 39, No. 1, pp. 1-9.

Choi, S.A., Yi, C.S., Shim, M.P., and Kim, H.S. (2006b). Multi-dimensional flood damage analysis (II): Application. *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 39, No. 1, pp. 11-22.

Escaleras, M., Anbarci, N., and Register, C.A. (2007). Public sector corruption and major earthquakes: A potentially deadly interaction. *Public Choice*, Vol. 132, No. 1-2, pp. 209-230.

Gall, M., Borden, K.A., and Cutter, S.L. (2009). When do losses count? Six fallacies of natural hazards loss data. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 90, No. 6, pp. 799-810.

Gall, M., Borden, K.A., Emrich, C.T., and Cutter, S.L. (2011). The unsustainable trend of natural hazard losses in the United States. *Sustainability*, Vol. 3, No. 11, pp. 2157-2181.

Geochang-gun. (2012). *Geochang-gun comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.

Gil, Y.C. (2011). *The Normalization method of economic losses from natural disasters and its analysis results*. ReSEAT Analysis Report, Korea Institute of Science and Technology Information.

- Gimhae-si. (2017). *Gimhae-si comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.
- Goseong-gun. (2015). *Goseong-gun comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.
- Haman-gun. (2013). *Haman-gun comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.
- Jang, O.J., and Kim, Y.O. (2009). Flood risk estimation using regional regression analysis. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 9, No. 4, pp. 71-80.
- Jeong, J.H., and Heo, I.H. (2014). An analysis of the time trend of direct economic damages from natural disasters and their determinants: The case of Gangwon-do. *Journal of Social Science*, Institute of Social Science, Kangwon National University, Vol. 53, No. 1, pp. 77-99.
- Kahn, M.E. (2005). The death toll from natural disasters: The role of income, geography, and institutions. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 87, No. 2, pp. 271-284.
- Keefer, P., Neumayer, E., and Plümper, T. (2011). Earthquake propensity and the politics of mortality prevention. *World Development*, Vol. 39, No. 9, pp. 1530-1541.
- Kim, S.H., Kim, B.S., Lee, C.H., and Chung, J.H. (2014). Development of depth-damage function by investigating flooded area with focusing on building damage. *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 47, No. 8, pp. 717-728.
- Korean Statistical Information Service. Retrived from <http://kosis.kr>
- Kron, W., Steuer, M., Löw, P., and Wirtz, A. (2012). How to deal properly with a natural catastrophe database: Analysis of flood losses. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Vol. 12, No. 3, pp. 535-550.
- Kunkel, K.E., Andsager, K., and Easterling, D.R. (1999). Long-term trends in extreme precipitation events over the conterminous United States and Canada. *Journal of Climate*, Vol. 12, No.8, pp.2515-2527.
- Kunreuther, H. (1996). Mitigating disaster losses through insurance. *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 12, No. 2-3, pp. 171-187.
- Lee, J.S., Eo, G., Choi, C.H., Jung, J.W., and Kim, H.S. (2016). Development of rainfall-flood damage estimation function using nonlinear regression equation. *Journal of the Korea Society of Disaster Information*, Vol. 12, No. 1, pp. 74-88.
- Lee, T.L., Chen, C.H., Pai, T.Y., and Wu, R.S. (2015). Development of a meteorological risk map for disaster mitigation and management in the Chishan Basin, Taiwan. *Sustainability*, Vol. 7, No. 1, pp. 962-987.
- LH. (2016). *Status of Administrative Districts*.
- Ministry of the Interior and Safety. (2006 ~ 2017). *2006 ~ 2017 Disaster year book*.
- Ministry of the Interior and Safety. (2016). *Small stream list in Korea*.
- Miryang-si. (2014). *Miryang-si comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.
- Namhae-gun. (2011). *Namhae-gun comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.
- Neumayer, E., and Barthel, F. (2011). Normalizing economic loss from natural disasters: A global analysis. *Global Environmental Change*, Vol. 21, No. 1, pp. 13-24.
- Neumayer, E., and Plümper, T. (2007). The gendered nature of natural disasters: The impact of catastrophic events on the gender gap in life expectancy, 1981-2002. *Annals of the Association of American Geographers*, Vol. 97, No. 3, pp. 551-566.
- Park, T.S., Yeo, C.G., Choi, M.H., and Lee, S.O. (2010). Flood damage index regarding regional flood damage characteristics. *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 30, No. 4B, pp. 361-366.
- Pielke, R.A., Landsea, C.W., Musulin, R.T., and Downton, M. (1999). Evaluation of catastrophe models using a normalized historical record. *Journal of Insurance Regulation*, Vol. 18, No. 2, pp. 177-194.
- Prahl, B.F., Rybski, D., Burghoff, O., and Kropp, J.P. (2015). Comparison of storm damage functions and their performance. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Vol. 15, No. 4, pp. 769-788.
- Prahl, B.F., Rybski, D., Kropp, J.P., Burghoff, O., and Held, H. (2012). Applying stochastic small-scale damage functions to German winter storms. *Geophysical Research Letters*, Vol. 39, No. 6, L06806.
- RIMGIS (River Information Management Geographic Information System). Retrieved from <http://www.river.go.kr>
- Sacheon-si. (2017). *Sacheon-si comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.
- Sancheong-gun. (2014). *Sancheong-gun comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.
- Schumacher, I., and Strobl, E. (2011). Economic development and losses due to natural disasters: The role of hazard exposure. *Ecological Economics*, Vol. 72, pp. 97-105.
- Shim, J.H., and Kim, J.E. (2012). An analysis on the interrelationship between land-use characteristics and

- damages caused by natural hazards. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 13, No. 9, pp. 4319-4325.
- Toya, H., and Skidmore, M. (2007). Economic development and the impacts of natural disasters. *Economic Letters*, Vol. 90, pp. 20-25.
- So, C.H. (2011). Abnormal climate and the Korean Peninsula's and natural disasters. *Risk Management*, Vol. 121, pp. 5-13.
- Tongyeong-si. (2013). *Tongyeong-si comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.
- Uiryeong-gun. (2011). *Uiryeong-gun comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.
- Yangsan-si. (2014). *Yangsan-si comprehensive plan for storm and flood damage reduction*.
- Zhai, A.R., and Jiang, J.H. (2014). Dependence of US hurricane economic loss on maximum wind speed and storm size. *Environmental Research Letters*, Vol. 9, No. 6, L64019.

Received	■ July 24, 2018
Revised	■ July 25, 2018
Accepted	■ August 3, 2018