Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety
Research Paper
Vol. 26, No. 5, pp. 506-513, August 31, 2020, ISSN 1229-3431(Print) / ISSN 2287-3341(Online) https://doi.org/10.7837/kosomes.2020.26.5.506

부산 마린시티 해안의 복합재난 위험성 평가

황순미* · 오형민** · 남수용*** · 강태순****†

* ㈜지오시스템리서치 연안관리부 전임, ** ㈜지오시스템리서치 연안관리부 선임,
*** ㈜지오시스템리서치 연안관리부 부사장, **** ㈜지오시스템리서치 연안관리부 수석

Coastal Complex Disaster Risk Assessment in Busan Marine City

Soon-Mi Hwang* · Hyoung-Min Oh** · Soo-yong Nam*** · Tae-Soon Kang****†

* Engineer, GeoSystemResearch Corporation, Gyeonggi, Korea, ** Senior Engineer, GeoSystemResearch Corporation, Gyeonggi, Korea
*** Vice-president, GeoSystemResearch Corporation, Gyeonggi, Korea, **** Executive Director, GeoSystemResearch Corporation, Gyeonggi, Korea

요 약 : 기후변화로 인해 해수면상승, 태풍, 집중강우 등 두 가지 이상의 복합적인 원인으로 발생하는 복합재난 위험이 증가하고 있는 실정이다. 본 연구의 대상지역인 부산 마린시티는 과거 수영만 매립지에 조성된 주거지 중심의 신도시로서, 최근 태풍과 해일 및 월파의 복합 원인으로 대규모 침수피해가 발생한 바 있다. 이와 같은 복합재난에 대비하기 위해서는 위험성 평가를 통해 재난 대비에 대한 우선순위를 정하고 이에 따른 대비책을 세울 필요가 있다. 본 연구에서는 위험성 평가를 위해 평가프레임을 수립하고, 침수예측 자료와 국가공인 사회경제적 위험요소 자료를 수집하였다. 사회경제적 위험요소는 인구, 지하시설, 건물, 인도, 도로의 5가지로서, 최대 침수심에 대한 각 요소의 절대기준을 마련하여 평가하였다. 그리고 요소별 가중치 설정을 위하여 전문가 설문을 적용하였다. 평가결과는 관심, 주의, 경계, 위험 4단계로써, 2100년의 해수면상승과 재현주기 100년 빈도의 폭풍해일 및 확률강우를 가지는 시나리오에서 관심등급 43 %, 주의등급 24 %, 경계등급 21 %, 위험등급 11 %로 각각 나타났다. 각 등급은 색상별로 구분하여 복합재난 위험지도를 작성하였다.

핵심용어 : 복합재난, 침수, 범람, 위험성 평가, 위험지도

Abstract : *Due to climate change, there is an increasing risk of complex (hybrid) disasters, comprising rising sea-levels, typhoons, and torrential rains. This study focuses on Marine City, Busan, a new residential city built on a former landfill site in Suyeong Bay, which recently suffered massive flood damage following a combination of typhoons, storm surges, and wave overtopping and run-up. Preparations for similar complex disasters in future will depend on risk impact assessment and prioritization to establish appropriate countermeasures. A framework was first developed for this study, followed by the collection of data on flood prediction and socioeconomic risk factors. Five socioeconomic risk factors were identified: (1) population density, (2) basement accommodation, (3) building density and design, (4) design of sidewalks, and (5) design of roads. For each factor, absolute criteria were determined with which to assess their level of risk, while expert surveys were consulted to weight each factor. The results were classified into four levels and the risk level was calculated according to the sea-level rise predictions for the year 2100 and a 100-year return period for storm surge and rainfall: Attention 43 %, Caution 24 %, Alert 21 %, and Danger 11 %. Finally, each level, indicated by a different color, was depicted on a complex disaster risk map.*

Key Words : *Complex disaster, Flood, Inundation, Risk assessment, Risk map*

1. 서 론

해안가 복합재난이란 기후변화에 따른 해수면상승, 태풍, 집중강우 등 두 가지 이상의 복합적인 원인으로 해안가에서 복합적으로 발생하는 재난을 일컫는다. 최근 기후변화로 인해 IPCC(SR)에서는 해수면상승은 RCP시나리오별(2.6～8.5)로 2100년까지 26～110 cm 상승하는 것으로 예상하고 있어(IPCC, 2019), 백중사리에 의한 해안가 저지대 상습침수피해의 발생가능성이 높아지고 있다. 또한 슈퍼태풍의 한반도 내습 가능성 및 태풍 강도의 증가가 예상되어(Moon, 2013), 해일고 및 파랑의 크기도 증가할 것으로 예상된다. 이에 따라 해안 매립지의 취약성도 높아질 것으로 예상되고 있다(Kang et al., 2010). 집중호우 및 극한강우 발생가능성 증가로 한반도 연

* First Author : smhwang@geosr.com, 070-7019-0768
† Corresponding Author : kangts@geosr.com, 070-7019-0610

강수량은 RCP 8.5 시나리오 기준 현재대비 21세기 중반기에 3.7%, 후반기에 13.1% 증가하는 것으로 예측되고 있다(KMA, 2018). 따라서 해안가의 복합재난의 발생가능성은 점점 높아지고 있으며, 복합재난의 피해사례는 태풍 시 및 백중사리 고조시에 해안가 곳곳에서 보고되고 있다(Fig. 1).

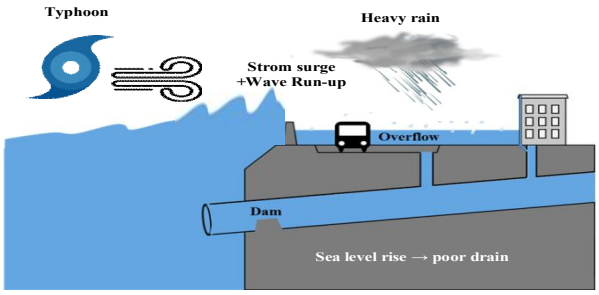

Fig. 1. Conceptual diagram of complex disaster.

기존에 선행 연구되어온 침수피해 위험성 평가는 외수 또는 내수에 의한 독자적인 분석에 국한된 연구가 많다. 행정안전부 국립재난안전연구원(NDMI)에서는 2011년부터 풍수해 취약성 평가시스템 개발 사업의 일환으로 홍수 취약성지수기반 평가시스템 개발 과제(NDMI, 2012a)와 지역사회기반 홍수위험성 평가방법 개선 및 시범적용 과제에서 소하천 위험평가시스템을 구축하였다(NDMI, 2012b). 또한 Ahn et al.(2013)은 강우발생빈도, 지속시간을 고려하여 내수 침수 위험성을 평가하였고, Shon et al.(2010)은 강우에 의한 도시하천 내수침수 위험성 분석을 하였다.

한편 국립해양조사원(KHOA)에서 수행한 해안침수예상도 사업에서는 해일과 파랑을 고려한 침수범람에 대한 연구를 2010년부터 수행하였다. 해당 연구결과, 본 연구 대상지역인 마린시티에서 일부 해안선 부근에서 국소적으로 침수가 나타나는 결과를 제시한 바 있다(KHOA, 2014). 그러나 이 지역에서 2016년 태풍 차바 내습 시 대규모 침수가 발생한 바 있다. 이는 기존 해양 기인 재해만 고려하여 침수 위험성을 평가하는 것에 한계가 있음을 보여준다. 따라서 해안가 폭풍해일로 인한 월파와 강우 및 배수 여건 등 내수 침수를 모두 고려한 복합재난 위험성 평가가 중요하다.

이에 따라 국내에서는 Han et al.(2015)이 인천지역을 대상으로 복합위험요소를 고려하여 자치구단위 재해위험지수를 산출하여 자치구간의 위험성 비교가 가능하게 하였다. 최근에는 2018년부터 행정안전부 국립재난안전연구원에서 '복합재난 리스크 평가기법 개발' 과제와 '해안가 복합재난 위험지역 피해저감 기술개발' 과제가 진행 중이다. 본 연구는 '해안가 복합재난 위험지역 피해저감 기술개발' 과제의 일부로 시도된 연구로서, 비교적 협역인 마린시티에 대해 격자데이터 기반으로 평가하여 상세단위의 위험성 평가가 가능하다. 인적 및 물적 위험성에 대해 사회경제적 위험요소를 선정하여 대리변수로 고려하고, 기존 연구들의 표준화 과정을 거쳐 평가하는 상대 평가 방법과는 다르게 각각의 피해기준을 적용하여 절대 평가하고 위험지도로 나타내었다.

2. 위험성 평가방법

2.1 위험성 평가틀

사회경제적 요소가 반영된 복합재난 피해위험성 평가는 IPCC TAR(2001)의 취약성 개념과 국립재난안전연구원 지역안전도 개념을 기반으로 한다. IPCC TAR(2001)에서 정의한 취약성(Vulnerability) 개념은 노출과 민감도 그리고 적응능력을 고려하여 평가한다(Fig. 2a). 이 개념을 기반으로 Yoo et al.(2010)은 기후변화 취약성 평가 방법론을 개발하였고, Kang(2014)은 연안재해취약성평가 프레임과 평가방법을 제안하였으며, Kang et al.(2015)는 태풍인자에 대한 연안역의 해일취약성을 정량적으로 평가하였다. 또한 국립해양조사원에서는 연안재해취약성 평가체계 구축 과제를 통해 국가기후변화적응과 관련하여 해양분야의 취약성을 평가하는 작업을 진행하였다(KHOA, 2015).

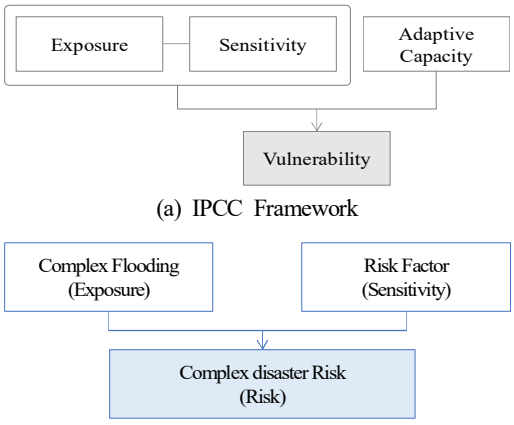

Fig. 2. Framework of IPCC (a) and Complex disaster assessment (b).

적응능력(Adaptive Capacity)은 재해노출 및 민감도에 부정적인 영향을 저감시키는 정책 및 대책으로 나타낼 수 있다. 그러나 이를 정량화하거나 노출 및 민감도에 따른 잠재적 취약성을 상쇄시키는 지표로 도출하는데 한계가 있으며, 재해영향을 왜곡시킬 우려가 있다(MLIT, 2013).

이에 따라 국립해양조사원에서 수행하는 '연안재해취약성 평가체계 구축'에서는 2016년부터 적응능력을 제외한 노출과 민감도의 함수로 연안재해영향지수를 평가하였다. 이

개념을 기본으로 본 연구에서는 위험성 평가(Risk assessment) 개념틀(Framework)을 구성하고(Fig. 2b), 복합재난의 침수와 그 침수에 따른 물리적 취약요인과 사회경제적 취약요인(위험요소)의 함수로 복합재난 피해위험성을 정의하였다. 평가 개념틀의 민감도에 해당하는 침수에 의한 재산적 피해 및 시스템의 마비를 사회·경제적 위험요소로 고려하고, 노출에 해당하는 침수예상도(MOIS, 2019)의 침수심을 복합적으로 평가한다(Fig. 3).

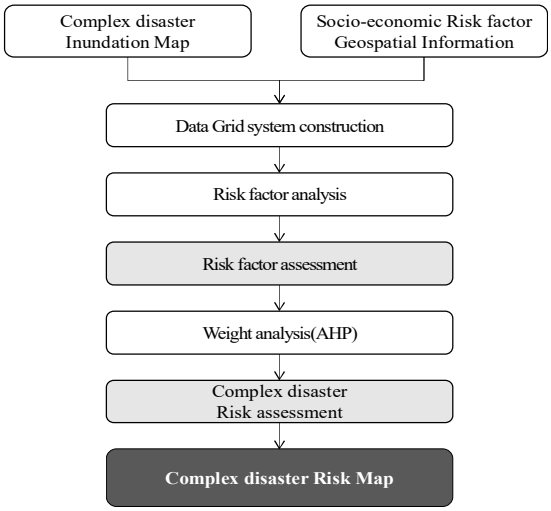

Fig. 3. Flow chart of complex disaster assessment.

Fig. 3에 의하면, 본 연구에서는 먼저 행정안전부의 침수예상도(MOIS, 2019) 결과와 국가 공인된 사회 및 경제적 위험요소 공간정보 자료를 구축한다. 그리고 수집된 자료를 격자화하여 요소별 위험분석을 통하여 각각의 평가 기준을 설정하여 요소별 위험성 평가를 수행한다. 전문가 설문을 통한 위험요소 가중치를 반영한 평가결과를 격자에 표출하여 시나리오별 복합재난 위험성 평가 지도를 작성한다.

2.2 위험성 평가 자료구축

평가를 위한 기초자료로서 침수예상도와 사회경제위험요소 공간정보의 구축이 필요하다. 침수예상도(MOIS, 2019)의 최대 침수심 자료를 이용하여 격자를 구성하여 사용하였다(Fig. 4). 침수예상도는 현재, 2050년, 2100년 해수면 상승 기준, 30년빈도, 50년빈도, 100년빈도 폭풍해일과 확률강우를 고려한 조합으로 총 27개 시나리오로 구축되었다. 해수면상승 기준은 RCP 4.5와 RCP 8.5에서 해수면 상승률을 평균한 앙상블 평균법을 적용하여 남해안 해역평균 2050년은 20 cm (0.66 cm/year), 2100년은 85 cm(1.06 cm/year)의 해수면 상승률을 적용하였다(MOIS, 2018).

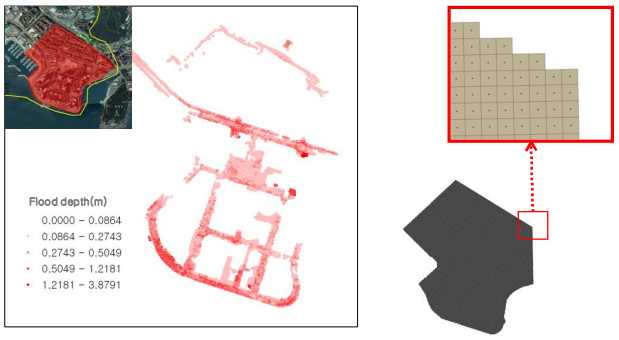

Fig. 4. Example of inundation depth data (MOIS, 2019).

사회경제적 위험요소의 평가자료는 통계청, SGIS, 국토교통부, 국토지리정보원, 해양수산부, 국립해양조사원, 기상청, 지자체 등 공인자료를 수집 및 구축하고, 부족한 자료는 자체적으로 현장조사를 통해 디지털화(Digitizing) 및 공간정보화(Geocoding)로 구축하였다. 구축된 자료의 활용 가능성을 판단하기 위해 OECD(2008)의 종합지수 산정단계 중 '자료선택' 요건인 최신성, 완전성, 신뢰성, 용이성, 정량성, 주기성, 독립성을 검토하여 본 연구 적용성을 판단 후 최종 선택하였다.

Table 1. Materials of risk factors Adaptability check

Data	Data characteristics						Adaptability
	New	Integrity	Reliability	Manageability	Quantity	Independency	
Population Census	○	○	○	○	○	○	△
Total Population (Total)-100 m grid	○	○	○	○	○	○	○
Digital Topographic Map(Building)	○	△	○	○	○	○	○
Road Name Address (Building)	○	△	○	○	○	△	○
V-World (Building)	-	△	○	○	○	△	○
Vehicle Registration Status	○	○	○	×	○	○	×
Digital Topographic Map(Road)	○	△	○	○	○	○	△
(Street name address)Actual width road	○	△	○	○	○	○	○
V-World (Road)	-	△	○	○	○	△	○
Digital Topographic Map(Bridge)	○	△	○	○	○	○	×
Public Transportation Route	○	△	○	×	×	○	×
Public Transportation Station	○	△	○	×	×	○	×
Public Transportation Operation Information	○	○	○	×	×	○	×
Digital Topographic Map(Parking Lot)	○	△	○	○	○	○	×
Digital Topographic Map (Sidewalk)	○	△	○	○	○	○	○
Land Cover Map	△	○	○	○	○	○	×
Digital Topographic Map(Manhole)	○	×	○	×	○	○	×
Drainage Grade	○	○	○	○	○	○	×
Digital Topographic Map(River Boundary)	○	△	○	○	○	○	×
Advertising Materials	○	○	○	×	○	○	×
Earthquake Shelter	○	○	○	×	○	○	×
Digital Topographic Map(Embankment)	○	△	○	○	○	○	×
Digital Topographic Map(Lake, Reservoir)	○	△	○	○	○	○	×
Digital Topographic Map(Farmland)	○	△	○	○	○	○	×

Table 1과 같이 위험요소를 평가하기 여러 자료를 검토하였다. 맨홀과 자동차등록현황, 대중교통 관련 요소들은 자료 수집의 용이성이 떨어지는 한계가 있었다. 광고물, 지진대피소, 교량은 복합재난 피해와는 거리가 있으며, 주차장과 농경지의 경우 본 연구의 대상지역인 마린시티 내에 거의 포함되지 않았다. 배수, 하천, 제방 등의 자료는 침수예상도 작성시 고려된 항목들로서 평가에서 제외하였다. 따라서 최종 선택된 위험요소는 도로, 지하시설, 인도, 건물, 인구로 총 5가지이다. 도로, 인도, 건물 자료는 연속수치지형도 자료, 인구자료는 국토지리정보원의 100 m 격자 인구수 자료를 활용하였다. 그리고 지하시설자료는 현장조사를 통해 직접 생산하였다(Table 2).

Table 2. Materials and References of risk factors

Risk factor	Data	Reference	Data date	Format
Road	(Street name address)Actual width road	Ministry of the Interior and Safety	2017.07	SHP
Basement	Basement	Self-construction	2018.12	DWG, JPG
Sidewalk	Digital Topographic Map(Sidewalk)	National Geographic Information Institute	2017.07	SHP
Building	Digital Topographic Map(Building)	National Geographic Information Institute	2019	SHP
Population	Total population - 100 m grid	National Geographic Information Institute/Ministry of the Interior and Safety	2019.04	SHP

수집된 자료들을 바탕으로 위험성 평가를 위한 격자체계를 구축하기 위해 100 m, 50 m, 25 m 격자에 시범적으로 위험성 평가를 수행하였다. 100 m 격자의 경우 침수심 자료가 3 m 격자간격인 것을 고려하면 크게 평활화(smoothing)되는 것을 확인하였다. 반면 25 m 격자의 경우 격자당 포함되는 위험요소의 수가 적어 사회경제적 요소를 반영한 복합재난 위험성 평가의 변별력이 떨어지는 것으로 판단하였다. 또한 행정정보의 격자체계 설정 및 공간정보화 기준(국토지리정보원 예규 제 114호)과 변별력, 가시성, 효율성 등을 고려하여 50 m 격자에 표출하는 것이 적당하다고 판단하고 채택하였다. 채택된 격자체계에 따라 수집된 공간자료들을 50 m 크기로 격자화하였다.

2.3 위험성 평가

위험성 평가틀에 따라 복합재난 노출에 해당하는 침수심 자료에 대해, 민감도에 해당하는 위험요소를 분석하였다. 위험요소 위험분석을 통해 상대평가 시 위험요소별로 기준이 매우 유동적이므로, 각 평가위험요소에 대한 절대 기준을 마련하고 그 기준에 맞게 평가하는 것이 필요하다. NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)에서는 국가기후 서비스를 통해 침수심에 대한 기준을 Fig. 5와 같이 나타냈다. 빠르게 흐르는 물의 경우, 약 15 cm의 침수심에서 성인이 쓰러질 수 있고, 약 30 cm에서 소형 자동차가 휩쓸릴 수 있다. 그리고 약 45 ~ 60 cm 수심에서는 대형 SUV, 벤, 트럭이 휩쓸릴 수 있다고 제시한 바 있다(National Weather Service, 2020).

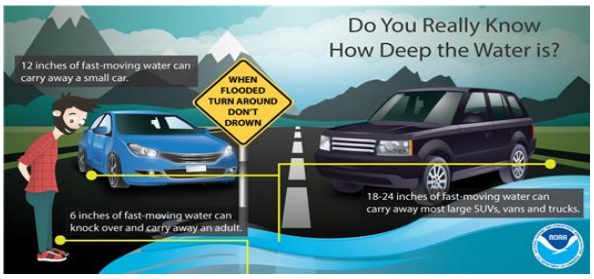

Fig. 5. Example of inundation depth data. (National Weather Service, 2020)

본 연구에서는 위험성을 정량적으로 평가하고자 하는 목적이 있어, 침수심에 따른 위험성의 단계를 나타낸 실험의 결과를 사용하였다. 국립재난안전연구원에서는 침수상황을 실물로 재현하여 침수 시 보행 대피능력 실증실험을 수행한 바 있다(NDMI, 2014). 침수심에 따른 대피 여부에 따라 성인 발목 약 17 cm에서는 대피가능, 정강이 약 35 cm에서는 보행이 어려워 지지물을 이용한 대피가 가능, 무릎이상 약 45 cm에서는 대피가 불가능하다고 결과를 제시하였다(Table 3). 이 실험결과를 인명피해가 가능한 위험요소인 인구, 건물, 인도 평가의 평가결과 등급구간 설정에 활용하였다.

Table 3. Walking test results according to the flood depth (NDMI, 2014)

Height		Evacuation
17 cm	(Adult ankle)	Possible
35 cm	(Shin)	Possible if using supports such as handrail
45 cm	(Over knee)	Impossible

Table 4. Diameter of the front wheels and height of air cleaner by car type (http://www.kidi.or.kr/)

Car type	Diameter of the front wheels (cm)	Height of air cleaner (cm)
Car	62 ~ 71	54 ~ 57
1 ton truck	62	26 ~ 31
2.5 ton truck	73	36
Cleaning car	84	100
Dump truck	107	135
Tractor	104	52

침수 피해는 인명피해 외에도 차량침수피해를 야기한다. 삼성화재 부설 삼성교통안전문화연구소(Samsung Traffic Safety Research Institute, 2019)에서는 사고접수/처리 DB를 바탕으로 차량침수사고 발생 및 피해현황과 사고사례를 발표하였다. 엔진 흡입구가 낮은 차량일수록 운행 중 침수피해 위험성이 크며, 운행 중 차량 침수사고는 엔진 흡입구를 통한 빗물 유입이 주된 원인으로 보고한 바 있다. 또한 보험개발원(Korea Insurance Development Institute, 2018)에서는 자동차의 에어클리너가 설치되어 있는 높이보다 수위가 높으면, 에어클리너를 통해 엔진으로 물이 유입되어 시동이 꺼져 피해의 주원인으로 발표하였다. 이에 자동차 종별 에어클리너 설치 높이를 측정하여 보고하였다. 측정결과, 에어클리너 위치는 승용차의 경우 약 54 ~ 57 cm, 1톤 트럭의 경우 약 26 ~ 31 cm, 2.5톤 트럭은 약 36 cm, 청소차는 약 100 cm, 덤프트럭은 약 135 cm, 트랙터는 약 52 cm이다(Table 4). 이 결과를 자동차의 대부분을 차지하는 승용차의 에어클리너 설치 높이기준 약 54 cm를 근거로 차량피해가 가능한 위험요소인 지하시설, 도로의 위험성 평가의 등급구간 설정에 활용하였다.

위험요소들에 대해 전술한 침수 실험 및 측정 결과를 근거로 위험도 평가 기준을 설정하고 Table 5와 같이 4개 등급으로 평가한다. 각각의 위험요소별 등급을 산정한 후 복합재난 위험도를 산정하기 위해서 위험요소 등급을 종합하는 과정을 거친다. 평가에 고려되는 위험요소가 모두 동일한 중요도를 가지고 있다고 보기 어려우며, 상대적 중요도 차이를 가지고 있다. 이런 위험요소 간 상대적 중요도 결정을 위하여 관련 전문가 41명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 쌍대비교 분석방법인 AHP 분석을 수행하였다. 분석결과 위험요소의 중요도는 인구, 지하시설, 건물, 인도, 도로 순으로 나타났다(Table 6).

Table 6. Weight results of risk factors

Risk factors	Weights
Population	0.37
Basement	0.22
Building	0.14
Sidewalk	0.14
Road	0.13

Table 5. Risk criteria for each risk factor

Risk factor	Damage object	Risk criteria	Risk grade	Reference
Basement	Car	Air cleaner height in car	Grade: Criteria (d = flooding depth) 1: d = 0 2: 0 < d < 0.27 m 3: 0.27 ≤ d < 0.54 m 4: 0.54 m ≤ d	Korea Insurance Development Institute
Road	Car	Air cleaner height in car		
Sidewalk	Human	Walking test results according to the flood depth	Grade: Criteria (d = flooding depth) 1: d = 0 2: 0 < d < 0.17 m 3: 0.17 m ≤ d < 0.45 m 4: 0.45 m ≤ d	National Disaster Management Research Institute
Building	Human	Walking test results according to the flood depth		
Population	Human	Flood level × Number of people in grid	Grade: Criteria(T=Flood level×Number of people in grid) 1: T = 0 2: 0 < T ≤ T_1* 3: T_1 < T ≤ T_2* 4: T_2 < T * T_1, T_2 = Quartile of T	

위험요소별 평가결과는 위성사진 위에 격자에 등급별 색깔로 나타낸 복합재난 위험지도로 작성한다(Fig. 6). 조수위기관리표준매뉴얼(MOF, 2018)의 등급기준을 준용하여 관심, 주의, 경계, 위험 네 개 등급으로 산출하고, 각 등급은 Table 7과 같이 색을 달리하여 표출하여 한눈에 보기 쉽게 하였다.

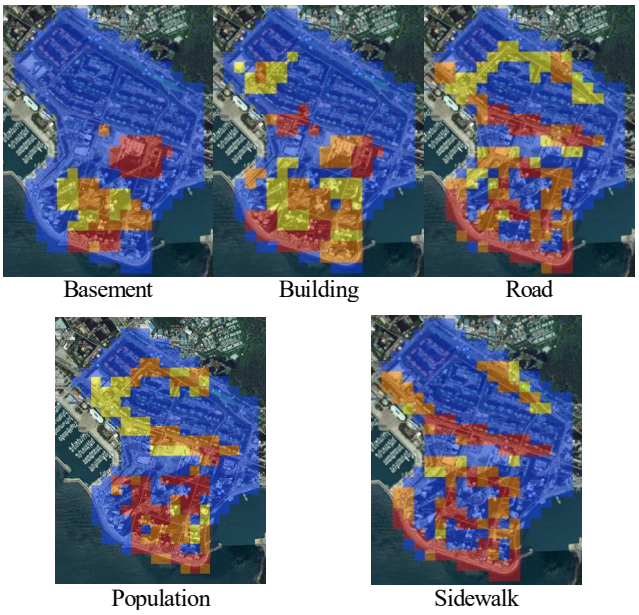

Fig. 6. Complex disaster assessment result by risk factor

Table 7. Definition of color information by risk level

Grade	Definition	Color	RGB	HTML
1	Attention	Blue	000, 000, 255	0000FF
2	Caution	Yellow	255, 255, 000	FFFF00
3	Alert	Orange	255, 153, 000	FF9900
4	Danger	Red	255, 000, 000	FF0000

3. 결과 및 고찰

위험요소별 평가결과에 가중치를 적용하여 복합재난 위험성 평가등급을 산출하였다. 침수예상도 총 27개의 시나리오 중 가장 극한 위험도 시나리오와 중간 위험도 시나리오, 그리고 상대적으로 가장 위험성이 작은 시나리오의 3개(현재기준 해수면상승과 30년빈도 폭풍해일 및 확률강우, 2050년 기준 해수면상승과 50년빈도 폭풍해일 및 확률강우, 2100년 해수면상승과 100년빈도 폭풍해일 및 확률강우)에 대한 위험성 평가결과를 Fig. 7에 나타내었다.

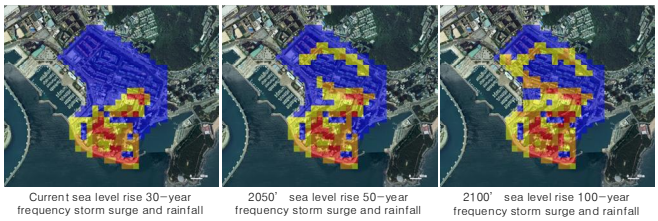

Fig. 7. Complex disaster assessment result of Busan Marine city.

시나리오별 위험성을 분석한 결과 가장 위험성이 낮다고 판단되는 해수면상승 현재 기준 30년빈도 폭풍해일 및 확률강우 시나리오에서 관심등급 66 %, 주의등급 14 %, 경계 12 %, 위험등급 8 %로 나타나 평균등급은 1.6등급이다(Table 8).

Table 8. Risk assessment results by three scenarios

Risk level	Current sea-level rise, 30-year frequency storm surge and rainfall	2050' sea-level rise, 50-year frequency storm surge and rainfall	2100' sea-level rise, 100-year frequency storm surge and rainfall
Attention	66 %	53 %	43 %
Caution	14 %	21 %	24 %
Alert	12 %	17 %	21 %
Danger	8 %	8 %	11 %
Average	1.6	1.8	2.0

중간 위험도 시나리오인 해수면상승 2050년 기준 50년빈도 폭풍해일 및 확률강우 시나리오에서는 관심등급 53 %, 주의등급 21 %, 경계 17 %, 위험등급 8 %로 나타나 평균등급은 1.8등급이었다. 주의등급과 경계등급 비율이 증가한 것을 볼 수 있는데, 이것은 동백역 부근 도로와 인도에서 침수가 발생하여 관심등급에서 주의 및 경계등급으로 상승되었기 때문으로 보인다.

해수면상승 2100년 기준 100년빈도 폭풍해일 및 확률강우 시나리오에서 관심등급 43 %, 주의등급 24 %, 경계 21 %, 위험등급 11 %로 나타나 평균등급은 2.0등급이다. 주의, 경계, 위험등급 비율이 소폭 상승하였는데, 수영만 요트장 부근 해운대 해변로에 침수범위가 넓어졌고, 일부 경계등급이 위험등급으로 한 단계 상승한 결과로 보인다.

시나리오 간 평균등급은 해수면 기준 현재에서 2050년, 2100년으로 갈수록, 그리고 폭풍해일 및 확률강우의 재현빈도가 커짐에 따라 점진적 상승 경향을 보이고 있다.

본 연구에서는 피해대상을 사람과 자동차 두 가지로 정의하고 피해대상별 위험기준을 설정하여 위험요소를 평가했

다. 위험요소중 인구와 인도, 그리고 건물의 경우 침수심을 이용한 사람 위험기준을 적용했지만 건물의 물적 피해는 대변하지 못하는 한계가 있다. 또한 사람의 위험성은 침수심뿐 아니라 유속에도 큰 영향을 받을 수 있는 것으로 판단되어 이에 대한 추가 연구를 수행할 예정이다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 외수 또는 내수에 의한 독자적인 분석에 국한된 연구에 한계를 파악하고 행정안전부의 내수와 외수의 복합재난 침수예상도 최대 침수심 자료와 사회경제적 요소 자료를 이용하여 복합재난 위험성 평가를 수행하였다. 위험요소를 인구, 지하시설, 건물, 도로, 인도 다섯 가지로 선정하여 위험요소별 절대 기준을 설정하여 절대평가를 수행했다. 위험요소별 가중치를 적용하여 위험요소 간 가중평균한 평가결과를 나타냈다. 평가결과는 4가지 등급으로 산정하여 복합재난 위험성지도를 작성하여 위험정도를 한눈에 보기 쉽도록 하였다.

복합재난 위험성지도를 기반으로 더욱 과학적인 엔지니어링 기법의 바탕위에 사회적 안전망을 갖추어 시스템적 대응체계를 한 단계 업그레이드가 가능할 것이며, 보다 체계적이고 실질적인 복합재난에 대한 방재 연구의 활성화가 필요하다. 추후 연구에서는 침수심 자료 뿐 아니라 침수유속 자료의 활용방안과 위험요소를 다각화하여 평가방법을 고도화할 필요가 있다.

감사의 글

본 연구는 행정안전부 극한 재난대응 기술개발사업 '해안가 복합재난 위험지역 피해저감 기술개발(2018-MOIS31-008)' 과제의 지원으로 수행되었습니다.

References

[1] Ahn, J. H., K.W. Kim, and W. C. Cho(2013), Flooding Risk Assessment Using Flooding Characteristic Values, Journal of the Korean Society of Civil Engineers, 33(3), pp. 957-964 (in Korean).

[2] Han, S. R., N. R. Kang, and C. S. Lee(2015), Disaster Risk Evaluation for Urban Areas Under Composite Hazard Factors, J. Korean Soc. Hazard Mitig, 15(3), pp. 33-43 (in Korean).

[3] IPCC(2001), Climate Change 2001 Impact, Adaptation, and Vulnerability (in English).

[4] IPCC(2019), Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate (in English).

[5] Kang, T. S.(2014), A Study on the Framework of Coastal Vulnerability Assessment, Ph.D Thesis, Pukyong National University (in Korean).

[6] Kang, T. S., H. M. Oh, H. M. Lee, and H. S. Eum(2015), Storm Surge Vulnerability Assessment due to Typhoon Attack on Coastal area in Korea, Journal of the Korean society of marine environment & safety, Vol. 21, No. 5, pp. 608-616 (in Korean).

[7] Kang, T. S., S. R. Moon, S. Y. Nam, and J. S. Shim(2010), The Vulnerability of the Reclaimed Seashore Land Attendant Upon Storm Surge/Coastal Inundation, Journal of Korean Society of Ocean Engineers, Vol. 24, No. 1, pp. 68-75 (in Korean).

[8] KHOA(2014), Korea Hydrographic And Oceanographic Agency Island Region Coastal Inundation Prediction Map Result Report (in Korean).

[9] KHOA(2015), Korea Hydrographic And Oceanographic Agency, Coastal disaster assessment system final report (in Korean).

[10] KMA(2018), Korea Meteorological Administration, Korea Peninsula Climate Change Prospect Analysis Report (in Korean).

[11] Korea Insurance Development Institute(2018), http://www.kidi.or.kr/ (Accessed: June 2018).

[12] MLIT(2013), Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Urban Climate Change Disaster Vulnerability Analysis Manual (in Korean).

[13] MOF(2018), Ministry of Oceans and Fisheries, Tide Disaster Crisis Management Standard Manual (in Korean).

[14] MOIS(2018), Ministry of the Interior and Safety, Development of complex cause flood vulnerability assessment technology and research on countermeasures for adaptation to climate change on coastal city (in Korean).

[15] MOIS(2019), Ministry of the Interior and Safety, Development of technology to reduce damage for hazardous area due to complex disasters in coastal zone (in Korean).

[16] Moon, I. J.(2013), Landing Possibility and Response of Super Typhoon over Korean Peninsula, Proceedings of Climate Change Center (in Korean).

[17] National Weather Service(2020), https://www.weather.gov/jan/swpw_flooding (Accessed: June 2020).

[18] NDMI(2012a), National Disaster Management Research Institute, Development of Assessment System for Flood Vulnerability Index. Final Report (in Korean).

[19] NDMI(2012b), National Disaster Management Research Institute, Trial and Improvement of Community-based Flood Risk Assessment Methods. Final Report (in Korean).

[20] NDMI(2014), National Disaster Management Research Institute, Improvement of Design Element based on Empirical Experiments. Final Report (in Korean).

[21] OECD(2008), Handbook on Constructing Composite Indicators (in English).

[22] Yoo, G. Y., S. W. Park, D. K. Chung, H. J. Kang, and J. H. Hwang(2010), Development and Application of a Methodology for Climate Change Vulnerability Assessment-Sea Level Rise Impact on a Coastal City, Environmental Policy Research, 9(2), pp. 185-205 (in Korean).

[23] Samsung Traffic Safety Research Institute(2019), http://sts.samsungfire.com/ (Accessed: July 2019).

[24] Shon, T. S., D. H. Kang, J. K. Jang, and H. S. Shin(2010), A study of Assessment for Internal Inundation Vulnerability in Urban Area using SWMM. J. Korean Soc. Hazard Mitig., 10(4), pp. 105-117 (in Korean).

Received : 2020. 06. 17.
Revised : 2020. 07. 23. (1st)
: 2020. 08. 20. (2nd)
Accepted : 2020. 08. 28.