Check for updates

Journal of Climate Change Research 2020, Vol. 11, No. 6-2, pp. 719~728
DOI: http://dx.doi.org/10.15531/KSCCR.2020.11.6.719

해안가 복합재난 지역맞춤형 재해예방기법 산정알고리즘 및 의사결정지원 시스템 개발

임준혁* · 박선희** · 오국열***† · 신현호**** · 김두희***** · 심우배******

*㈜어스 대리, **㈜어스 부장, ***㈜어스 상무이사,
****㈜비엔티 이사, *****㈜와우 대표이사, ******㈜어스 대표이사

Development of a DSS and an Algorithm for Deriving Region-specific Disaster Prevention Techniques for Composite Coastal Disasters

Im, Jun Hyeok* · Park, Seon Hee** · Oh, Kuk Ryul***† · Shin, Hyeon Ho**** · Kim, Doo Hee***** and Sim, Ou Bae******

*Assistant Manager, Urban Safety, Anyang, Korea, **General Manager, Urban Safety, Anyang, Korea
***Managing Director, Urban Safety, Anyang, Korea, ****CTO, B&T, Anyang, Korea
*****CEO, WOW, Gwangmyeong, Korea, ******CEO, Urban Safety, Anyang, Korea

ABSTRACT

Due to recent climate change, various types of natural disasters are occurring. In particular, coastal areas are expected to suffer intense damage due to high waves and tsunamis. Accordingly, when selecting a coastal risk zone for a Regional Hazard Mitigation Plan, various risk factors and terrain characteristics of the hazard area must be considered. In this study, we develop an algorithm for derivation of disaster prevention techniques and a decision support system (DSS). With this system, users can derive regional disaster prevention techniques based on risk factors and terrain characteristics of the target site. In addition, users can adjust efficiency, constructability, and publicity according to their planning intention and the priorities of the derived techniques. This system will be possible to help decision-making by deriving region-specific disaster prevention techniques for areas where composite coastal disasters are expected, helping effective establishment of Regional Hazard Mitigation Plan.

Key words: *Coastal Area, Composite Disaster, Disaster Prevention Techniques, Decision Support System*

1. 서론

최근 기후변화로 인해 해수면 상승, 집중호우, 해일 등 자연재난의 발생빈도와 강도가 증가하고 있다. 이에 따라 여러종류의 재난이 동시에 발생할 수 있으며, Kawata (2011)는 이와 같은 복합재난(Compound Disaster)을 단일 재난으로 인해 다양한 형태의 재난들이 연속 또는 동시다발적으로 발생하는 재난이라고 정의하였다. 한반도는 과거 2003년 태풍 매미, 2016년 태풍 차바 및 경주지진, 2017년 포항지진 사례와 같이 큰 인명피해를 야기하는 강도 높은 재해가 언제든지 다시 발생할 수 있다. 또한 2020년 9월 초에 내륙 접근시 최저기압이 950 hPa대인 태풍 마이삭, 하이선, 사오마이가 한반도에 연달아 상륙하여 높은 발생빈도로 재난이 발생한 것을 알 수 있다. 우리나라는 인구 대비 좁은 국토면적과 더불어 산지 비율이 높기 때문에 하천과 해안이 연결되는 하구 근처에 도시가 발달되어 왔고, 최근 재난발생 양상으로 볼 때 해안가 지역 도시에는 다양한 재해가 발생하는 복합재난이 발생하여, 이에 따

†**Corresponding author** : kroh5910@hanmail.net, (14056, 1714, 282, Hagi-Ro, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, Republic of Korea. Tel. +82-31-689-3167)

ORCID 임준혁 0000-0002-8835-8810 신현호 0000-0001-8706-1524
박선희 0000-0002-8681-8780 김두희 0000-0003-0100-6538
오국열 0000-0001-8965-3195 심우배 0000-0002-2691-4068

Received: November 03, 2020 / Revised: November 23, 2020 / Accepted: December 04, 2020

른 큰 피해가 예상된다(Eo et al., 2019b).

현재 각 지자체는 자연재해대책법에 의거하여 지역방재분야 최상위 계획인 자연재해저감 종합계획을 10년 빈도로 수립하고 저감대책을 마련하고 있다. 효율적인 저감대책 마련을 위해 하천, 내수, 해안 등으로 재해를 구분하여 각각 저감대책을 수립하고 있다. 그러나 해안가 지역은 앞에서 언급한 바와 같이 최근에는 하천재해, 내수재해, 해안재해가 복합적으로 나타나고 있으나 복합재해를 고려하여 저감대책을 수립하지 못하는 한계가 있다. 따라서 해안재해는 복합재난의 위험성을 고려하여 다양한 저감대책을 마련할 필요가 있다. 해안가 복합재난에 대한 선행연구로 Kim et al. (2018)은 연안 지자체를 대상으로 하여 지자체별 자연재해저감종합계획 보고서의 위험지구별 위험요인을 조사·분석하고 표준화하였다. Eo et al. (2019a)는 지역 및 지형특성을 고려하여 재해예방기법별 지역맞춤형 요소를 도출하였고, Eo et al. (2019b)는 전문가 설문조사를 통해 재해예방기법별 특성을 정량화하였다. 그러나 선행연구는 해안가 복합재난 재해예방기법을 표준화·정량화한 결과에 대한 구체적인 활용방법 제시가 미흡하다. 이러한 재해예방기법을 재해원인별, 지형특성별 등 다양한 조건에 맞게 제시할 수 있다면 각종 재해관련 계획 수립시 활용성이 높을 것이며, 이를 의사결정지원 시스템 등으로 구축하여 활용한다면 저감대책 수립이 보다 효율적일 것이다.

국내외 재난분야 시스템들은 대부분 재해위험성을 제시하고 의사결정자가 신속한 대응을 할 수 있도록 의사결정을 지원하는 측면에서 구축되고 있다. 해안가 지역에 대한 국내외 재난안전 시스템 구축 사례로 네가지 시스템을 조사·분석하였다. 행정안전부의 연안재해 예측관리시스템은 기후변화에 따른 연안도시 재해예측 및 관리시스템 개발과 연안도시 복합재해정보 콘텐츠 구축을 통해 체계적인 연안재해 예측관리 및 재해 대응체계 마련이 목적이며, 주요 기능은 기상상황에 대한 실시간 모니터링 정보, 연안침수정보, 취약성평가, 기후변화시나리오, 대피지도 표출로 구성된다(Park et al., 2018). 해양수산과학기술진흥원의 주요 항만권역 태풍 및 지진해일 재해정보관리시스템은 주요 항만권역 태풍 및 지진해일 재해정보를 관리하는 시스템으로 재해방지 및 피해저감대책을 위한 요소기술개발과 의사결정지원시스템 구축이 목적이며, 주요 기능은 관심 항만권역 이동, 항만권역 자료 가시화, 재해 예측/EAP (Emergency Action Plan) 시뮬레이션으로 구성된다(KIMST, 2017). 국립재난안전연구원의 지진해일대응시스템은 지진 및 지진해일에 대한 종합적인 의사결정지원시스템으로 지자체에서 재해에 대한 선제적 대응을 위한 방재시스템으로 활용하고 있으며, 주요 기능은 최근 발생한 지진해일에 대한 발생정보, 인접 시나리오의 지진해일 전파도, 지진해일 대피요령 등으로 구성된다(TDRS, 2020). 미국 하와이주의 Flood Hazard Assessment Tool은 하와이주 홍수지역을 가시화하여 보여주는 GIS기반 매핑시스템이며, 주요기능은 홍수보험지도 표출 및 홍수피해 평가가 있다(FHAT, 2020). 해당 사례들은 해안지역을 중심으로 지진·해일 등에 의한 범람 및 침수지역 예측 및 취약성 평가를 통해 의사결정을 지원하는 시스템으로, 앞에서 언급한 바와 같이 위험성을 평가하고 대응적 측면에 집중되어 있으며, 재해예방기법을 제시하는 부분도 고려되지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 하구 지역의 복합재난을 대상으로 표준화·정량화된 요소를 통해 재해예방기법을 도출하여 보다 직관적인 자료를 제공하고, 의사결정에 도움을 줄 수 있는 해안가 복합재난 지역맞춤형 재해예방기법 산정알고리즘 및 의사결정지원 시스템을 개발하고자 한다. 표준화·정량화된 요소로 재해예방기법을 도출하기 위해 재해예방기법 도출 알고리즘을 개발하였고, 개발한 알고리즘은 의사결정지원 시스템에 탑재하였다. 의사결정지원 시스템은 해안가 복합재난이 예상되는 지역에 대해 지역맞춤형 재해예방기법을 도출할 수 있고, 자연재해저감 종합계획 등 방재대책을 수립하는 사용자의 의사결정에 도움을 줄 수 있을 것이다.

의사결정지원 시스템의 개발절차는 Fig. 1과 같이 3단계로 진행하였다. 1단계에서는 해안가 지역맞춤형 재해예방기법을 도출하기 위한 선행연구 자료를 조사하였다. 2단계에서는 조사한 선행연구 자료와 본 연구에서 추가한 조사 및 보완 내용을 바탕으로 알고리즘을 개발하여 시스템에 탑재할 기능을 도출하였다. 도출된 기능은 총 4가지로 지역맞춤형 재해예방기법 도출 기능, 재해예방기법 우선순위 도출 기능, 재해예방기법 적용 전후 비교 기능, 재해예방기법별 정보표출 기능이다. 마지막으로 3단계에서는 알고리즘을 탑재하여 개발한 시스템 기능을 화면에 표출하고 시스템 사용자의 의사결정을 지원할 수 있도록 하였다.

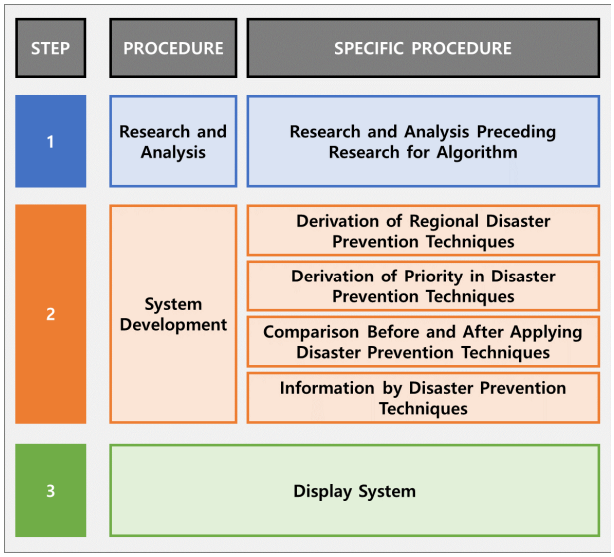


Fig. 1. Flow of system development for deriving disaster prevention techniques for the composite coastal disasters

2. 재해예방기법 도출 알고리즘 개발

2.1 시스템 기능 개발을 위한 자료 선정

시스템 기능 개발을 위해 4개 기능별 필요한 자료를 Table 1과 같이 선정하였다. 지역맞춤형 재해예방기법 도출 기능은 재해예방기법별 지역맞춤형 요소 자료, 재해예방기법 우선순위 도출 기능은 재해예방기법별 특성요소 자료, 재해예방기법 적용 전후 비교 기능은 침수시나리오 모의결과 및 위험성평가 자료, 재해예방기법별 정보 표출 기능은 재해예방기법의 목적과 고려사항, 적용사례 등 기법의 특징을 시스템 사용자가 알 수 있도록 자료를 선정하였다. 또한, 지역맞춤형 재해예방기법 도출 기능과 재해예방기법 우선순위 도출 기능은 선정한 자료를 바탕으로 알고리즘을 개발하여 기능에 적용하였다.

2.2 지역맞춤형 재해예방기법 도출 알고리즘 개발

지역맞춤형 재해예방기법 도출 기능에 탑재할 지역맞춤형 재해예방기법 도출 알고리즘을 개발하기 위해 재해예방기법별 지역맞춤형 요소를 활용하였다. 재해예방기법별 지역맞춤형 요소는 Eo et al. (2019a)의 연구 결과로, 자연재해저감종합계획의 위험요인, 저감대책과 국내외 저감대책 사례를 조사하고 용어를 표준화하여 재해예방기법과 지역맞춤형 요소를 도출하였으며, 도출한 두 결과의 관계를 해안/하천/내수 전문가 설문조사를 실시하여 도출한 것이다.

Eo et al. (2019a)가 제시한 재해예방기법별 지역맞춤형 요소 자료에서 해안가 재해예방기법은 총 19개이며, 이 중에 양빈과 사구복원은 연성공법에 해당하고, 나머지 17개는 강성공법에 해당되어 비율이 극명하게 차이가 나타난다. 재해예방기법 적용시 저감효과와 더불어 환경적인 부분도 충분히 고려되어야 하므로, 보다 친환경적이고 해안생태계를 보존할 수 있는 연성공법을 추가하여 폭 넓은 재해예방기법을 제시해줄 필요가 있다. 본 연구에서는 지오튜브와 모래그물망을 추가하여 다양한 재해예방기법을 도출할 수 있도록 Fig. 2와 같이 재해예방기법별 지역맞춤형 요소를 보완하였다. 보완하여 마련한 재해예방기법은 총 54개로, 구조물적 대책 39개, 비구조물적 대책 15개로 구분된다. 구조물적 대책은 해안가 대책 21개, 하천 대책 12개, 내수(도시) 대책 6개로 분류된다.

본 연구로 추가된 해안가 대책 중 첫 번째인 지오튜브는 폴리에스테르(PET), 폴리프로필렌(PP)등 고분자 합성섬유로 직조된 투수성 지오텍스타일(직포, 부직포, 복합포)로 제작된 거대 포대 내에 모래 또는 준설토사를 채워 대형 성토구조물을 구축하는 공법으로 현장토 유용에 따라 환경훼손 최소화, 시공성, 경제성 등의 이유로 전 세계적으로 수중제방, 방파제, 가도호안, 해안침식방지, 가호안 등의

Table 1. Selection data by system main function

Function	Data	Remarks
Derivation of regional disaster prevention techniques	Regional condition elements by disaster prevention techniques	Apply a algorithm
Derivation of priority in disaster prevention techniques	Characteristic elements by disaster prevention techniques	Apply a algorithm
Comparison before and after applying disaster prevention techniques	Inundation depth, risk assessment	
Information display by disaster prevention techniques	Purpose, considerations, application case, regional conditions and characteristic by disaster prevention techniques	

No.	Disaster Prevention Techniques		Regional Conditions																											
			Natural Factor(A)			Disaster Impact Factor(B)						Cause of Disaster Factor(C)											Terrain Factor(D)				Social Factor(E)	
																							Coast		Urban			
			A-1	A-2	A-3	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6	C-7	C-8	C-9	C-10	C-11	D-1	D-2	D-3	D-4	E-1	E-2
			Coast	River	Urban	Tide Influence	Heavy Rainfall	Typhoon	Wind Wave	Surge	Tsunami	Beach Erosion	Overtopping Wave	Coastal Inundation	Levee Break	Shortage of Bank Leave	Levee Loss	Shortage of Discharge Area in River	Flood Inundation	Shortage of Pumping Stations	Shortage of Discharge Area in Pipeline	Inundation in the Lowlands	Bay	Headland	Hillside	Lowlands	Built-up Areas	Non Built-up Areas
1	Structural Measures	Coast	Disaster Prevention Forest																									
2			Soft Protection(Sea)																									
3			Soft Protection(Land)																									
4			Detached Breakwater																									
5			Floating Breakwater																									
6			Groin																									
7			Training Dike																									
8			Sand Groin																									
9			Sea Dike																									
10			Breakwater																									
11			Submerged Breakwater																									
12			Banking Embankment																									
13			Artificial Nourishment																									
14			Sand Dune																									
15			Disaster Prevention Mound																									
16			Parapet																									
17			Recurved Wall																									
18			Water-stop																									
19			Shoreline																									
20			Geotube																									
21			Sand net																									
22		River	Rasing Embankment																									
23			Super Levee																									
24			Dual Levee																									
25			Banking Embankment																									
26			Bridge Maintenance																									
27			River Dredging																									
28			Pumping Stations																									
29			Floodgate																									
30			Side-Weir Detention Basin																									
31			Water-stop																									
32			Parapet																									
33			Shoreline																									
34		Urban	Sewer																									
35			Sewer Expansion																									
36			Pumping Stations																									
37			Floodgate																									
38			Rainwater Storage																									
39			Water-stop																									
40	Non-Structural Measures		Urban Redevelopment																									
41			Flood and Storm Insurance																									
42			Hazard Map																									
43			Evacuation Map																									
44			Coastal Hazard Map																									
45			Shelter Designation and Management																									
46			Disaster Warning System																									
47			Monitoring Coastal Changes																									
48			Education and Training																									
49			Emergency Action Plan																									
50			Setback																									
51			Land Use Regulation																									
52			Land Purchase																									
53			Transfer of Public Institutions																									
54			Migration																									

Fig. 2. Regional condition elements by disaster prevention techniques

해안, 하천구조물 축조, 오염준설토 탈수 및 매립 등에 많이 사용되는 공법이다(Sung et al., 2013). 두 번째인 모래그물망은 연안의 직각방향으로 모래포집망을 설치하여 연안류의 의한 모래이동을 차단하여 해빈모래를 포집하는 공법이다(Choi, 2016). 지오튜브, 모래그물망의 지역맞춤형 요소를 선정하기 위해 전문가 설문조사를 실시하였으며, 해안 전문가 3인, 내수 전문가 1인으로 구성하였다. 설문조사 결과를 참고하고, 앞서 조사한 지오튜브, 모래그물망 문헌에 서술된 장단점 및 적용성 분석내용을 토대로, 지역맞춤형요소를 선정하였다. 지오튜브의 자연인자는 해안가, 재해영향인자는 풍랑/파랑 및 해일, 재해원인인자는 해안침식, 지형인자는 만, 사회인자는 대상지역 시가화 및 비시가화를 선택하였다. 모래그물망의 자연인자는 해안가, 재해영향인자는 해일, 재해원인인자는 해안침식, 지형인자는 만, 사회인자는 대상지역 비시가화를 선택하였다.

재해예방기법별 지역맞춤형 요소를 활용하여 Fig. 3와 같이 지역맞춤형 재해예방기법 도출 알고리즘을 개발하였다. 알고리즘은 선택한 지역맞춤형 요소 정보와 재해예방기법별 지역맞춤형 요소 자료 간의 논리연산을 통해 선택한 요소 정보에 맞는 재해예방기법을 도출하도록 동작한다. 인자 간의 논리연산에서는 교집합인 AND 연산을 사용하고, 인자별 요소 간의 논리연산에서는 합집합인 OR 연산을 사용한다. 요소를 많이 선택하면 다수의 재해예방

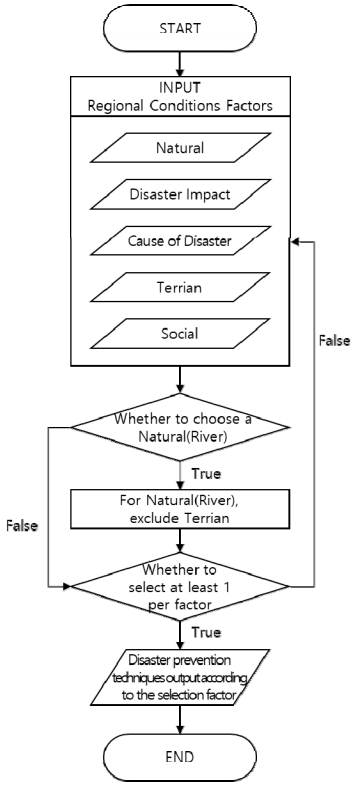


Fig. 3. Algorithm of derivation of regional disaster prevention techniques

Table 2. Characteristic elements score by structural disaster prevention techniques

Disaster preventive measures		Characteristic elements								
		Efficiency					Constructability			Publicness
		Cost	Reduction	Landscape	Environment	Maintenance	Time-cost	Construction difficulty	Expropriation of land	Multi purpose
Coast	Disaster prevention forest	3.20	3.13	4.30	4.07	3.17	3.00	3.60	2.13	4.07
	Soft protection (sea)	2.70	3.27	3.47	3.50	3.00	2.60	2.73	3.13	3.53
	Soft protection (land)	2.77	3.33	3.57	3.63	3.03	2.77	3.23	2.10	3.83
	Detached breakwater	2.73	3.40	2.13	2.40	2.90	2.60	2.40	3.93	2.07
	Floating breakwater	3.00	2.90	2.20	2.70	2.50	3.30	3.60	3.60	2.50
	groin	2.80	3.23	2.27	2.53	3.07	2.73	2.63	4.03	2.17
	Training dike	2.80	2.93	2.50	2.53	2.97	2.60	2.47	3.77	2.13
	Sand groin	2.83	2.90	2.37	2.67	2.83	2.80	2.63	3.53	2.07
	Sea dike	2.60	3.70	2.60	2.40	3.10	2.37	2.60	3.83	2.87
	Breakwater	3.00	3.83	2.53	2.50	3.23	2.70	2.77	4.00	2.53
	Submerged breakwater	2.43	3.40	3.47	2.73	2.60	2.33	2.20	4.00	1.90
	Banking embankment	2.90	3.40	2.70	2.80	3.03	2.97	3.03	3.30	2.63
	Artificial nourishment	2.93	2.73	3.67	3.53	2.43	3.33	3.50	3.50	2.73
	Sand dune	3.13	2.97	3.80	3.77	2.60	3.03	3.37	3.53	3.00
	Disaster prevention mound	2.63	3.70	3.17	3.17	3.17	2.57	3.00	2.90	3.93
	Parapet	3.13	3.17	2.67	3.10	3.43	3.37	3.53	3.73	2.23
	Recurved wall	3.03	3.03	2.57	2.93	3.17	3.20	3.17	3.77	2.47
	Water-stop	3.50	3.07	2.80	3.03	3.50	3.77	3.80	4.10	2.07
	Shoreline	3.03	2.97	2.83	2.87	3.10	3.07	3.17	3.67	2.43
	Geotube	3.75	2.50	4.75	4.50	2.50	3.75	3.75	4.50	3.50
	Sand net	4.75	2.25	1.75	2.50	2.75	4.75	4.75	3.75	2.25
River	Rasing embankment	2.95	4.25	2.65	2.95	3.75	2.90	3.10	3.35	2.60
	Super levee	1.70	4.75	2.95	2.70	3.45	1.65	2.00	1.65	4.15
	Dual levee	2.30	4.55	2.40	2.65	3.35	2.35	2.60	2.45	2.95
	Banking embankment	3.20	4.15	2.75	2.85	3.40	2.90	3.05	3.05	2.80
	Bridge maintenance	3.40	3.55	3.30	3.25	3.55	3.00	3.30	4.05	2.80
	River dredging	2.95	3.65	3.65	2.80	2.45	3.05	3.30	4.45	2.25
	Pumping stations	2.80	3.90	2.70	2.90	3.05	2.75	2.85	2.65	2.55
	Floodgate	3.15	3.80	2.75	3.00	3.30	3.10	3.10	3.90	2.45
	Side-weir detention basin	3.05	3.55	3.70	3.60	2.95	2.55	2.95	2.10	3.80
	Water-stop	3.90	3.30	3.10	3.50	3.85	4.10	4.20	4.40	2.30
	Parapet	3.70	3.10	2.90	2.85	3.45	3.55	3.70	4.20	2.15
	Shoreline	3.30	3.15	2.85	2.85	3.40	3.15	3.35	3.90	2.50
Urban	Sewer	2.85	4.10	4.00	3.50	3.05	2.30	2.90	3.25	2.10
	Sewer expansion	2.95	4.10	3.70	3.40	2.85	2.25	2.50	3.40	2.15
	Pumping stations	2.80	4.05	2.50	3.05	3.00	2.45	2.70	2.15	2.70
	Floodgate	3.10	3.95	2.75	2.95	3.20	2.85	2.90	3.40	2.45
	Rainwater storage	3.15	3.75	3.65	3.60	3.20	2.70	2.80	2.50	2.65
	Water-stop	4.40	3.50	2.85	3.70	3.90	4.20	4.20	4.05	2.00

기법을 도출할 수 있으며, 반대로 요소를 적게 선택하면 최소한의 재해예방기법이 도출된다. 단, 최소한의 재해예방기법 도출시에도 지역맞춤형 요소의 특징이 반영될 수 있게, 지역맞춤형 요소에서 인자별로 최소 1개 이상의 요소를 선택하여야 재해예방기법이 도출되도록 개발하였다. 반면, 자연인자가 하천인 경우에는 지형인자의 요소인 만, 곶, 구릉지, 저지대의 특징과 무관하다고 판단하여, 지형인자를 고려하지 않도록 설계하였다.

2.3 재해예방기법 우선순위 도출 알고리즘 개발

재해예방기법 우선순위 도출 기능에 탑재할 재해예방기법 우선순위 도출 알고리즘을 개발하기 위해 Eo et al.

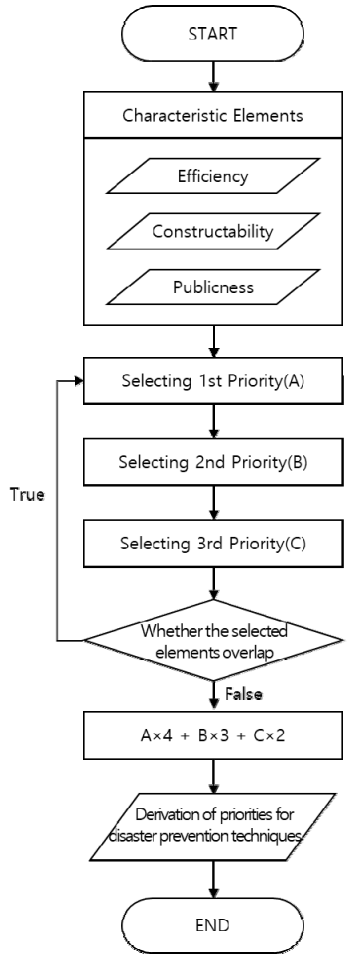


Fig. 4. Algorithm of derivation of priority disaster prevention techniques

(2019b)의 재해예방기법별 특성요소 자료를 활용하였다. Eo et al. (2019b)가 제시한 재해예방기법별 특성요소는 전문가 설문조사를 통해 재해예방기법별 특성요소마다 최소 1점에서 최대 5점 사이의 점수를 부여하고, 산술평균한 값을 5등급으로 분류하였다.

그러나 등급화는 등급이 같은 재해예방기법 사이의 우선순위를 도출하기에 변별력이 다소 부족하다고 판단되어, 본 연구에서는 등급화하지 않은 값을 사용하여 Table 2와 같은 재해예방기법별 특성요소 자료를 마련하였다. 또한 앞서 언급한 추가된 재해예방기법인 지오튜브와 모래그물망에 대해 특성요소를 평가하여 재해예방기법별 특성요소 자료에 반영하였다. 지오튜브는 경관성에서 4.75점으로 높은 점수를 보였으나, 저감효과는 2.50점으로 가장 낮은 점수를 보였다. 또한, 모래그물망은 비용, 공사기간 그리고 공사난이도에서 4.75점으로 높은 점수를 보였으나, 저감효과와 경관성에서 각각 2.25점, 1.75점으로 낮은 점수를 보였다.

보완된 재해예방기법별 특성요소를 활용하여 Fig. 4와 같이 재해예방기법 우선순위 도출 알고리즘을 개발하였다. 재해예방기법 우선순위 도출 알고리즘은 앞서 개발한 지역맞춤형 재해예방기법 도출 알고리즘으로부터 도출된 재해예방기법 사이의 우선순위를 선정하는 알고리즘이다. 재해예방기법별 특성요소 9개 중 최대 3개를 선택할 수 있으며, 선택된 3개 요소는 중요도를 고려하여, 서로 중복되지 않도록, 3개의 콤보박스(최우선특성요소(1st Priority), 우선특성요소(2nd Priority), 특성요소(3rd Priority))에 입력하도록 하였다. 선택한 요소의 순서대로 가중치를 두어 최우선 특성요소는 가중치 4, 우선특성요소는 가중치 3, 특성요소는 가중치 2를 곱하고 세 가지를 합산한 결과값이 높은 순서대로 재해예방기법을 나열하도록 설계하였다.

3. 해안가 복합재난 통합관리시스템 구축

3.1 시스템 개요

해안가 복합재난 지역맞춤형 재해예방기법 통합관리시스템은 향후 타 분야와의 연계 등을 위한 G-클라우드 환경에서의 운영 가능성을 감안하여 개발환경을 Table 3과 같이 구축하였다. 정부통합전산센터에서 추진하는 G-클라우드는 신규 구축 및 노후 교체시 리눅스(Linux) 계열 OS를 사용하도록 되어있다. 개발 언어는 웹서버 구축이 가능한 자바(Java), 분석 기능과 관련하여 사용자 인터페이스의 원활한 동작을 위해 자바스크립트(Javascript), 개발시 편의성을 높이기 위해 자바스크립트 라이브러리인 제이쿼리(Jquery)를 사용하였다. 또한, 데이터베이스 호출을 위해 PostgreSQL, mySQL을 사용했으며, GIS화면을 표출하는 본 시스템의 특성상 postGIS/Geoserver를 사용하였다.

Table 3. System development environment

Categoty	Contents
OS	Linux
Programming language	Java, Javascript, Jquery
Data base	PostgreSQL, mySQL, postGIS/Geoserver

본 시스템 사용자는 브라우저를 통해 웹으로 접근할 수 있다. 시스템의 인터페이스는 복합재난 시스템 소개, 복합재난 시나리오로 구분한다. 복합재난 시스템 소개는 Fig.

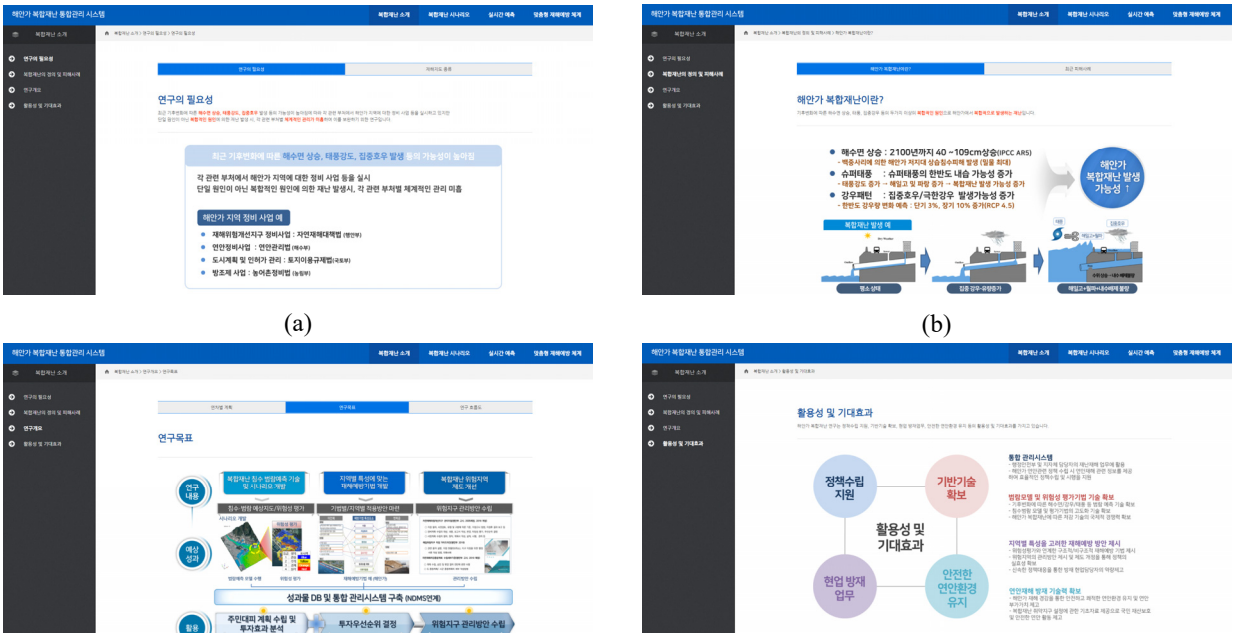


Fig. 5. System introduction page

5와 같이 본 시스템 개발과 관련된 연구의 필요성(Fig. 5(a)), 복합재난 정의 및 피해사례(Fig. 5(b)), 연구개요(Fig. 5(c)), 활용성 및 기대효과(Fig. 5(d))로 구성한다. 복합재난 시나리오는 침수예상도, 피해위험성 평가 자료를 공간정보로 표출하고, 지형맞춤형 재해예방기법을 도출하는 알고리즘을 적용하여 의사결정을 지원한다. 또한 알고리즘을 통해 도출된 재해예방기법에 대한 시설기준을 함께 제시하여 사용자에게 재해예방기법에 대한 이해도를 높일 수 있도록 하였다.

3.2 시스템 주요 기능

3.2.1 지역맞춤형 재해예방기법 도출 기능

지역맞춤형 재해예방기법 도출 기능(자연인자, 재해영향인자, 재해원인인자, 지형인자, 사회인자)은 사용자가 선택할 수 있도록 체크박스로 구성하고, 지역맞춤형 재해예방기법 도출 알고리즘에 의한 분석을 통해 재해예방기법 도출 결과를 제공받을 수 있도록 설계하였다. 결과는 해안가, 하천, 내수(도시)로 구분한 구조물적 대책과 비구조물적 대책으로 나누어 제공한다. Fig. 6은 부산 마린시티를 대상으로 한 적용화면으로, 자연인자는 해안가, 내수(도시), 재해영향인자는 집중호우, 태풍, 풍랑/파랑(너울), 재해원인인자는 월파, 저지대침수, 지형인자는 곶, 저지대, 사회인자는 시가화를 선택하였고, 분석결과로 도출되는 해안가 구조물적 대책은 반파공, 부유식 이안제, 해안차수판, 잠제, 방파제, 이안제, 해상 방재완충지역이며, 내수(도시) 구조물적 대책은 건물차수판, 하수관 신설, 하수관거 확장, 도시 배수펌프장이 도출되었다.

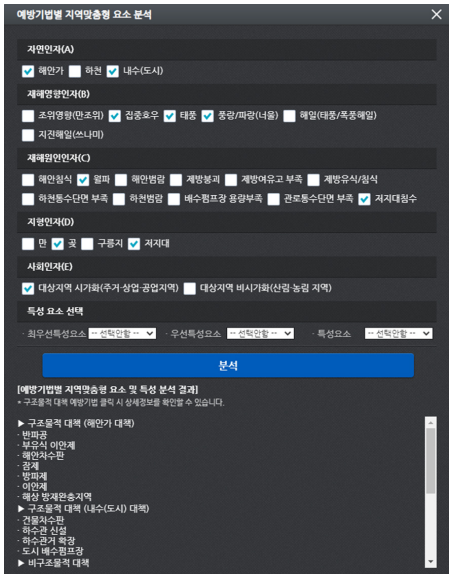


Fig. 6. Page of analysis regional conditions

3.2.2 재해예방기법 우선순위 도출 기능

재해예방기법 우선순위 도출 기능은 지역맞춤형 재해예방기법 간의 우선순위를 정하는 기능이며, 재해예방기법 우선순위 도출 알고리즘을 사용한다. 콤보박스(Combo Box)를 통해 비용, 저감효과, 경관성, 환경성, 유지관리, 공사기간, 공사난이도, 토지수용여부, 다목적활용여부를 선택할 수 있다. 부산 마린시티 지역맞춤형 재해예방기법의 우선순위 도출을 위해 예시로 최우선특성요소는 토지수용여부, 우선특성요소는 환경성, 특성요소는 유지관리를 선택하였다. 우선순위 도출 결과, Table 4와 같이 해안가 대책은 1순위 반파공, 2순위 해안차수판, 3순위 이안제이며, 내수(도시) 대책의 우선순위는 1순위 건물차수판, 2순위 하수관 신설, 3순위 하수관거 확장으로 도출되었다.

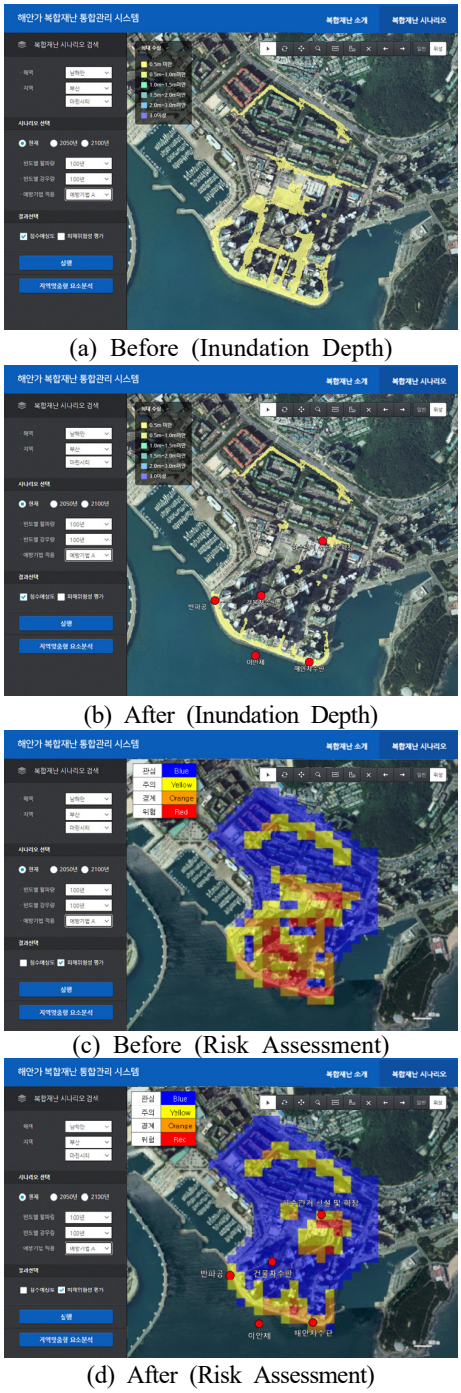
Table 4. Results of priority about disaster prevention techniques

Category	Rank	Disaster prevention techniques
Coast	1	Recurved wall
	2	Water-stop
	3	Detached breakwater
	4	Breakwater
	5	Soft protection (sea)
	6	Floating breakwater
	7	Submerged breakwater
Urban	1	Water-stop
	2	Sewer
	3	Sewer expansion
	4	Pumping stations

3.2.3 재해예방기법 적용 전후 비교 기능

재해예방기법 적용 전후 비교 기능은 도출된 재해예방기법의 적용 전후를 분석하여 침수 모의결과 또는 피해위험성 평가결과를 화면에 표출하는 기능으로, 해안가 복합재난 시나리오 분석 자료가 존재할 경우 서비스 제공이 가능하다. 침수 모의는 기후변화 시나리오는 현재를 사용했으며, 월파량 빈도 및 강우 빈도는 100년 빈도로 설정하였다. 피해위험성 평가는 50 m로 격자화 하였고, 지하시설, 건물, 도로, 인도, 인구를 평가하여 종합한 결과를 관심, 주의, 경계, 위험으로 분류하였다. Fig. 7은 부산 마린시티를 대상으로 알고리즘을 통해 도출한 지역맞춤형 재해예방기법의 적용 전후를 시스템 화면에 표출한 결과이다. 표출된 해안가 대책 1, 2, 3순위는 각각 반파공, 해안차수판, 이안제이고, 내수(도시) 대책 1, 2, 3순위는 각각 건물차수판, 하수관 신설, 하수관거 확장이다.

침수예상도에 대한 적용 전(Fig. 7(a))과 적용 후(Fig. 7(b))의 화면, 피해위험성 평가에 대한 적용 전(Fig. 7(c))과 적용 후(Fig. 7(d))의 화면을 통해 재해예방기법 적용에 따른 피해저감 수준을 확인할 수 있다.



(a) Before (Inundation Depth)

(b) After (Inundation Depth)

(c) Before (Risk Assessment)

(d) After (Risk Assessment)

Fig. 7. Page of applying disaster prevention techniques

3.2.4 재해예방기법별 시설기준 표출 기능

재해예방기법별 시설기준 표출 기능은 재해예방기법별 설계기준을 조사하고 재해예방기법별 목적 및 고려사항을 간략하게 정리하여 사용자가 적용된 재해예방기법에 대한 정보를 신속하게 파악할 수 있도록 구성하였다. 예시로 적용된 재해예방기법 중 반파공에 대해 Table 5와 같이 반파공의 목적, 고려사항을 작성하였다(MOF, 2016). 또한 반파공에 대한 적용사례 사진(Fig. 8), 지역맞춤형 범위(Fig. 9)와 특성 범위(Fig. 10) 그림이 시스템 화면에 표출되어 직관적으로 정보를 제공할 수 있게 구성하였다. 반파공의 지역맞춤형 범위는 자연인자는 해안가, 재해영향인자는 조위영향과 풍랑/파랑, 해일, 지진해일이고, 재해원인인자는 월파, 지형인자는 만, 곶 둘 다 해당되며, 사회인자도 대상지역 시가화, 비시가화 모두 해당된다. 반파공의 특성 범위는 토지수용여부가 2등급으로 가장 우수하며, 다목적 활용여부와 경관성이 4등급으로 낮은 것으로 도출된다.

Table 5. Purpose and considerations about recurved wall

Categoty	Contents
Purpose	Its main purpose is to prevent wave or spray from entering the shore.
Considerations	Since a large radius of curvature of a curved surface is effective, the height of the protruding part above the revetment floor is often about 1m. More than this, if it can withstand the wave pressure by securing the integrity with the body, it is okay to be higher than 1m.

Fig. 8. Application case about recurved wall

Fig. 9. Page of regional conditions about recurved wall

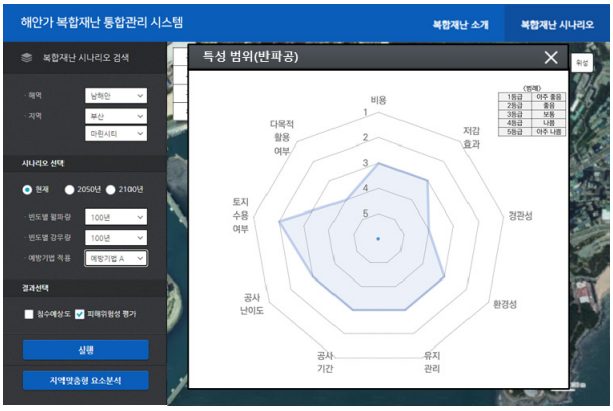


Fig. 10. Page of characteristic about recurved wall

4. 결론

본 연구에서는 해안가 복합재난 위험지역에 대해 지역맞춤형 요소와 특성요소를 활용하여 재해예방기법 산정알고리즘을 구성하고, 알고리즘을 통해 도출된 재해예방기법의 저감효과 수준 및 특징을 파악할 수 있도록 의사결정지원 시스템을 개발하였다. 본 연구 결과를 아래와 같이 세 가지로 요약하였다.

첫 번째로, 지역맞춤형 재해예방기법 도출 알고리즘은 사용자가 선택한 지역맞춤형 요소에 따라 재해예방기법이 도출되도록 개발하였다. 알고리즘에 인자 선택조건과 논리연산을 활용하여 재해예방기법이 무분별하게 도출되지 않도록 하였다.

두 번째로, 재해예방기법 우선순위 도출 알고리즘은 지역맞춤형 재해예방기법 도출 알고리즘을 통해 도출된 재

해예방기법 간의 우선순위를 도출할 수 있도록 개발하였다. 사용자는 우선시하는 특성요소를 순서대로 3개를 선택할 수 있으며, 순서별 가중치 4, 3, 2를 부여한다. 도출된 재해예방기법별로 선택한 특성요소의 가중치를 반영하여 합산한 값이 큰 순서대로 재해예방기법을 정렬하여 우선순위를 도출한다.

마지막으로, 지역맞춤형 재해예방기법 도출 알고리즘과 재해예방기법 우선순위 도출 알고리즘을 반영한 시스템을 개발하였다. 시스템 사용자는 알고리즘에 따라 재해예방기법을 도출할 수 있으며, 재해예방기법 적용 전후 비교 기능과 재해예방기법별 시설기준 표출 기능을 통해 재해예방기법의 효과와 특징을 파악할 수 있다.

시스템의 주요 기능 중에서 지역맞춤형 재해예방기법 도출 기능은 지역맞춤형 요소를 사용자가 직접 입력해야 한다는 점과, 재해예방기법 적용 전후 비교 기능은 시나리오 분석자료가 선행되어야 한다는 점에서 시스템 활용에 한계가 있으나, 전산화된 재해정보 및 지리정보가 함께 연계될 경우 보다 나은 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 추후 각 지자체에서 자연재해저감 종합계획 수립시 해안가 복합재난 지역맞춤형 재해예방기법 의사결정지원 시스템을 통해 위험지구 후보지의 지형특성 및 재해위험에 따른 재해예방기법을 도출할 수 있을 것이며, 위험지구 선정 등 의사결정에 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

사사

본 연구는 행정안전부의 극한재난대응기반기술개발 사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2018-MOIS31-008-01020000-2020).

References

Choi JH. 2016. Problems of Coastal Erosion in Korea. PRI Focus. 61:1-22

Eo G, Im JH, Kang TU, Nam SY, Oh KR. 2019a. Application of Regional-Condition Disaster-Prevention Techniques for Composite Coastal Disasters(in Korean with English abstract). Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation. 19(7):545-554.

Eo G, Im JH, Kwon TY, Oh KR, Sim OB. 2019b. Development and Evaluation of Characteristic Elements in Disaster Prevention Techniques for a Coastal Composite Disaster Area(in Korean with English abstract). Journal of Climate Change Research. 10(3):243-253.

FHAT(Flood Hazard Assessment Tool). [accessed 2020 Oct 30]. Flood Hazard Assessment Tool. http://gis.hawaiinfip.org/FHAT/.

Kawata Y. 2011. Downfall of Tokyo due to devastating compound disaster. Journal of Disaster Research. 6(2):176-184.

Kim BR, Lee SH, Oh KR, Sim OB. 2018. Analysis of Disaster-Influenced Factors and Causes in Compound Disaster Districts in Coastal Areas(in Korean with English abstract). Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation. 18(7):621-629.

KIMST(Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion). 2017. Development of Countermeasures against Tsunamis and Storm Surges in Southern Harbor Zones. Seoul. Korea; Korea Institute of Marine Science and Technology Promotion.

MOF(Ministry of Oceans and Fisheries). 2016. Design Standard for Coastal Facilities. Sejong. Korea; Ministry of Oceans and Fisheries.

Park IC, Park SH, Kim JK. 2018. Development of the Coastal Disaster Prediction Management System Linked to Real-time Flood Damage Prediction Modules in Coastal Areas(in Korean with English abstract). Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation. 18(7):183-188.

Sung HJ, Lee GH, Lee JB, Kim HJ. 2013. Geotextile Tube Construction Method and Application Examples. Journal of the Korean geosynthetics society. 12(2):6-16

TDRS, Tsunami Disaster Response System. [accessed 2020 Oct 30]. Major Research Outcomes. http://www.ndmi.go.kr/research/migration/migration.jsp?link=3.