



해안가 복합재난 위험지구에 대한 재해예방기법 특성요소 개발 및 평가

어규* · 임준혁** · 권태영*** · 오국열**** · 심우배*****†

*㈜어스 과장, **㈜어스 대리, ***㈜어스 차장, ****㈜어스 이사, *****㈜어스 대표이사

Development and Evaluation of Characteristic Elements in Disaster Prevention Techniques for a Coastal Composite Disaster Area

Eo, Gyu*, Im, Jun Hyeok**, Kwon, Tae Young***, Oh, Kuk Ryul**** and Sim, Ou Bae*****†

*Manager, Urban Safety, Anyang, Korea

**Assistant Manager, Urban Safety, Anyang, Korea

***Associate Manager, Urban Safety, Anyang, Korea

****Director, Urban Safety, Anyang, Korea

*****CEO, Urban Safety, Anyang, Korea

ABSTRACT

Due to recent climate change, the risk of composite disasters due to sea level rise is increasing. South Korea has a high population density, and most cities have developed near estuaries that connect to coasts and rivers. These factors could result in massive damage in the event of composite disasters. The purpose of this study is to derive and evaluate the characteristics of disaster prevention techniques for a coastal disaster area. For this, 51 disaster prevention techniques were derived, and 9 characteristic elements were developed. The characteristics of each disaster prevention technique were evaluated through expert survey. This study is expected to be applicable to disaster prevention techniques based.

Key words: Coastal Area, Composite Disasters, Disaster Prevention Techniques, Structural Measure, Non-structural Measure

1. 서 론

1.1 연구 개요 및 필요성

최근 기후변화로 인한 자연재해 발생 횟수가 증가하고 있으며, 해수면 상승에 따른 복합재난의 위험성이 증가하고 있다. 그 중 복합재난 (Composite Disaster)은 단일 재난으로 인해 다양한 형태의 재난들이 연속 또는 동시 다발적으로 발생하는 재난이다 (Kawata, 2011). 우리나라는 인구 대비 좁은 국토면적과 더불어 산지 비율이 높기 때문에 하천과 해안이 연결되는 하구 근처에 도시가 발달되어 있다. 해안가 지역은 하천, 도시, 해안의 지형이 공존하는 지역으로, 재난 발생시 복합재난으로 이어질 가능성이 있으며, 대규모 인명피해로

이어질 우려가 있다. 이에 각 부처별 해안가, 하천, 도시 (내수) 위험지역에 대한 저감대책을 수립하고 있으나, 부처별로 각각 위험지구를 관리하고 있어 저감대책 적용시 국가예산이 이중, 삼중으로 들고있는 실정이다.

Kim et al (2018)은 해안과 하천이 만나는 연안을 중심으로 해안가 복합재난 위험지구를 선정하고, 위험지역에서 발생가능한 재해영향인자 및 원인을 도출하였고, Lee et al (2018)은 동해, 남해, 서해의 재해영향 특성을 고려하여 다중으로 방어하는 구조물적·비구조물적 재해예방기법을 적용하는 등 많은 연구가 진행되고 있지만 해안과 하천이 만나는 하구의 특성을 고려하지 않고 구조물적·비구조물적 재해예방 기법 적용 시 비용, 저감효과, 공사기간 등이 과다하게 측정

† Corresponding author: obsim@naver.com (123, Beolmal-ro, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, 14056, Republic of Korea, Tel : +82-31-689-3169)

Received August 30, 2019 / Revised September 6, 2019 1st, September 16, 2019 2nd / Accepted September 23, 2019

될 수 있기 때문에 재해예방기법별 특성요소 개발과 평가방법이 필요하다.

1.2 연구목적 및 방법

본 연구는 재해예방기법별 특성요소를 분석하고 특성요소별 평가를 시행 하는데 목적이 있다. 이를 위해 각 부처별(국토교통부, 환경부, 행정안전부, 해양수산부) 위험지역 사례를 조사·분석하고, 행정안전부에서 전국에 시행중인 자연재해저감종합계획을 수집하여 저감대책을 분석하였고, 하구특성을 고려하여 해안가 복합재난 위험지역 재해예방기법을 도출하였다. 또한, 재해예방기법 특성요소 도출을 위해 선행연구, 백과사전 등을 조사하여 재해예방기법별 장·단점 분석을 통해 특성요소를 도출하였다. 재해예방기법 특성요소 도출결과를 활용하여 5점 척도로 전문가 설문조사지를 작성하여 전문가 21명에 대해 특성요소를 평가하였다. Fig. 1은 연구 절차를 도식화한 것이다.

2. 적용사례 조사 · 분석을 통한 구조물적, 비구조물적 재해예방기법 도출

재해예방기법 도출을 위해 해안가 복합재난 위험지역에

적용된 저감대책(국토교통부, 환경부, 해양수산부)을 조사하고, 행정안전부에서 전국 단위로 시행중인 자연재해저감종합계획 중 해안가, 하천, 내수 사례에 적용된 재해 저감대책을 분석하였다. 마지막으로 하구특성을 고려하여 해안가 복합재난 위험지역 재해예방기법을 도출하였다.

2.1 해안가 지역 국가주요사업 적용 재해예방기법 조사 및 분석

해안가 복합재난 위험지역은 해안과 하천이 만나는 도시 지역 중심으로 하천, 내수, 해안가 재난이 복합적으로 발생하는 곳을 말한다(Kim, et al. 2018). 해안가 복합재난 위험지역의 사례를 조사하기 위해 국토교통부의 하천기본계획, 유역종합치수계획, 환경부의 하수도정비기본계획, 하수도중점관리지역, 행정안전부의 자연재해위험개선지구사업, 해양수산부의 연안재해취약성평가 등의 보고서를 수집하여 주요사업별 재해저감대책을 분석하였다.

부처별 해안가 복합재난 위험지역 주요사업 조사 자료는 구조물적·비구조물적 저감대책 도출에 활용하였고, 다음 Table 1과 같이 구조물적 저감대책 14개와 비구조물적 저감대책 3개를 도출하였다. 구조물적 저감대책을 해안가·하천·내수(도시)대책으로 구분 시 해안가 저감대책은 없으며, 하천 저감대책 8개, 내수(도시) 저감대책은 6개로 분석되었다.

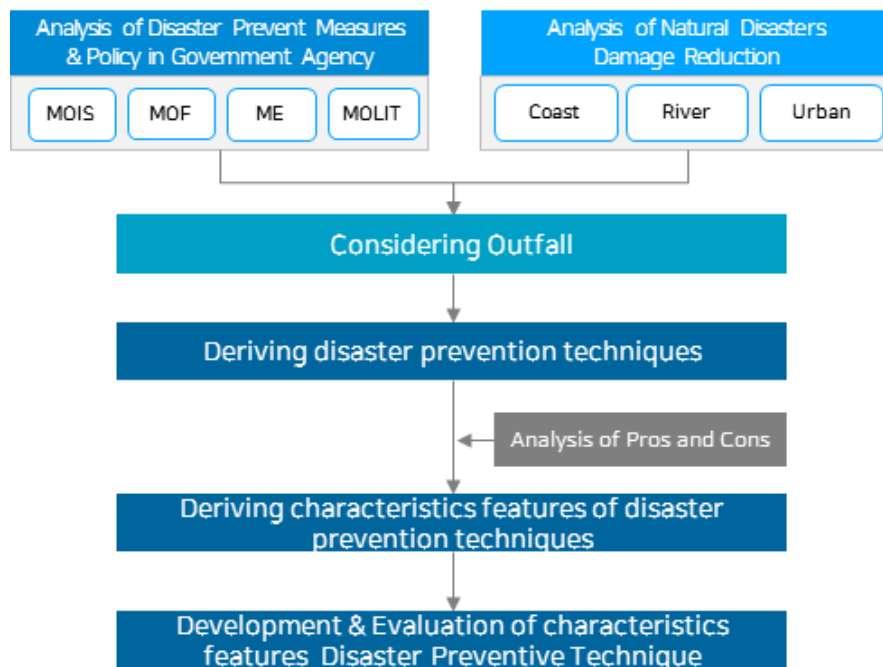


Fig. 1. The Flow Chart of Study.

Table 1. Major Business Disaster Reduction in Coastal Composite Disaster Area

Category		Structural Measures (14)	Non-Structural Measures (3)
MOLIT (Ministry of Land, Infrastructure, and Transport)	River Master Plans	• Banking Embankment • Floodgate • Pumping Stations • Floodgate • Bridge Maintenance	-
	Comprehensive Flood Management Plan	• Side-Weir Detention Basin • drainage canal • Pumping Stations	• Flood and Storm Insurance • Emergency Action Plan
ME (Ministry of Environment)	Maintenance Plans of Sewerage Facility	• Sewer Expansion	-
	Sewer Maintenance Management	• Sewer Expansion • Pumping Stations • Sewer	-
MOIS (Ministry of the Interior and Safety)	Natural Disaster Prone Districts	• Storage Facility • Infiltration Facility	-
MOF (Ministry of Oceans and Fisheries)	Vulnerability Assessment of Coastal Disaster	-	• Coastal Hazard Map

Table 2. Natural Disaster Reduction Master Plan of Disaster Preventive Measures Final Inventory

Category		Disaster Preventive Techniques	
Structural Measures (29)	Coast (12)	• Disaster Prevention Forest • Soft Protection (Sea) • Soft Protection (Land) • Detached Breakwater • Groin • Training Dike	• Submerged Breakwater • Banking Embankment • Artificial Nourishment • Sand Dune • Disaster Prevention Mound • Parapet
	River (10)	• Rasing Embankment • Super Levee • Dual Levee • Banking Embankment • Bridge Maintenance	• Floodgate • Side-Weir Detention Basin • Water-stop • Parapet • Shoreline
	Urban (7)	• Sewer • Sewer Expansion • Pumping Stations	• Water-stop • Storage Facility • Infiltration Facility • LID (Low Impact Development) Facility
Non-Structural Measures (10)		• Urban Redevelopment • Flood and Storm Insurance • Hazard Map • Evacuation Map • Coastal Hazard Map	• Education and Training • Emergency Action Plan • Setback • Land Use Regulation • Land Purchase

2.2 자연재해저감종합계획 적용 재해예방기법 조사 및 분석

행정안전부에서 전국에 시행중인 자연재해저감종합계획에

적용한 저감대책을 조사하기 위해 연안지자체 73개 (울릉도 제외) 중 67개 (92%)의 자연재해저감종합계획 저감대책을 수집하여 분석하였다. 자연재해저감종합계획의 재해저감대책

은 각 지자체에서 작성되는 보고서별로 서로 다르게 표현되는 경우가 많아 용어에 대하여 표준화 (용어통일) 과정을 거쳐 Table 2와 같이 구조물적 저감대책 29개이며, 해안가 12개, 하천 10개, 내수 (도시) 7개로 분석하였으며, 비구조물적 저감대책은 10개로 분석되었다.

2.3 해안가 복합재난 위험지역 재해예방기법 도출

하구에 위치한 해안가 복합재난 위험지역은 조위영향으로 하천수위가 상승하며, 하천 홍수량이 집중되고, 배후지역이 대도시가 형성된 인구밀집지역 등 큰 재난이 예상되는 지역은 저류·침투 (지하조절지, 저류지, 침투시설, 고지배수로, LID시설 등) 대책과 같은 효과가 미미한 대책보다는 방어, 소통, 완충대책 등 큰 방어대책이 필요하기 때문에 하구 특성을 고려하여 해안가 복합재난 위험지역 재해예방기법을 최종적으로 도출하였다.

최종적으로 Table 3과 같이 구조물적 대책 36개, 비구조물적 대책 15개이고, 구조물적 대책은 해안가 18개, 하천 12개, 내수 (도시) 6개로 도출하였다.

3. 해안가 복합재난 위험지역 재해예방기법 개발 및 평가

해안가 복합재난 위험지역 재해예방기법의 특성요소를 도

출하기 위해 기법별 장점, 단점을 분석하였고, 재해예방기법 특성요소 도출결과를 활용하여 재해예방기법별 맞춤형 요소를 분석하기 위해 전문가 설문조사를 통해 재해예방기법 특성요소를 평가하였다.

3.1 재해예방기법 특성요소 도출

앞에서 도출된 해안가 복합재난 재해예방기법 중 대표적인 재해예방기법인 해안가 대책 (이안제, 반파공), 하천 대책 (슈퍼제방, 차수판), 내수 (도시) 대책 (배수펌프장, 관로확장) 등의 장·단점을 분석하였다.

이안제는 해안선과 떨어진 해면측에 해안선과 평행으로 설치하는 구조물 (Ministry of the interior and safety, 2016)로 파랑에너지 감소, 침식방지, 단면표사 국부저감 등 저감효과가 높고, 별도 토지수용여부가 필요없으며, 유지관리가 비교적 쉬운 반면 공사비용이 많이 들고 공사기간의 장기화에 따른 환경성, 경관성, 시공에 어려움이 있다. 반파공은 파 또는 물보라가 호안 안쪽으로 유입되는 것을 막는 호안의 마루위 바다측에 돌출되어 세워진 구조물 (Ministry of the interior and safety, 2016)로 방파 및 소파효과, 월파 방지 등 저감효과는 보통수준이며, 공사기간이 비교적 짧고, 비용은 다른 구조물에 비해 저렴한 편이며, 상단에는 산책로, 휴게시설 등 다목적으로 활용 가능하며, 경관성은 나쁜 편이다 (Sang-Ho Oh). 슈퍼제방은 제방의 붕괴를 방지하기 위해 제방의 상부

Table 3. Combined Disaster Hazard along the Coast Considering Estuary Characteristics

Category		Disaster Preventive Techniques		
Structural Measures (36)	Coast (18)	• Disaster Prevention Forest • Soft Protection (Sea) • Soft Protection (Land) • Detached Breakwater • Groin • Training Dike	• Sand Groin • Sea Dike • Breakwater • Submerged Breakwater • Banking Embankment • Artificial Nourishment	• Sand Dune • Disaster Prevention Mound • Parapet • Recurved Wall • Water-stop • Shoreline
	River (12)	• Rasing Embankment • Super Levee • Dual Levee • Banking Embankment	• Bridge Maintenance • River Dredging • Pumping Stations • Floodgate	• Side-Weir Detention Basin • Water-stop • Parapet • Shoreline
	Urban (6)	• Sewer • Sewer Expansion	• Pumping Stations • Floodgate	• Rainwater Storage • Water-stop
Non-Structural Measures (15)		• Urban Redevelopment • Flood and Storm Insurance • Hazard Map • Evacuation Map • Coastal Hazard Map	• Shelter Designation and Management • Disaster Warning System • Monitoring Coastal Changes • Education and Training • Emergency Action Plan	• Setback • Land Use Regulation • Land Purchase • Transfer of Public Institutions • Migration

폭이 넓은 대규모의 제방 (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2009)이며, 저감효과가 매우 좋고, 친수공간, 휴게공간 등 다목적 활용도가 매우 좋지만 공사기간이 매우 길며, 별도 토지수용이 필요하여 주민합의가 이루어져야 한다는 단점이 있다. 차수판은 하천 범람 및 침수피해를 막기 위해 설치하는 탈부착이 가능한 판이며, 재료비가 적게 들어 비용은 매우 저렴하고, 별도의 토지수용 및 유지관리가 필요 없어 환경에도 비교적 영향을 적게주는 반면 다목적 활용성은 나쁘다. 배수펌프장은 관거를 통해 유입되는 배수구역 내의 빗물을 하천 등 공공수역에 방류하기 위해 설치하는 펌프장 (Ministry of Environment, 2017)으로 홍수 저감효과 및 환경성은 보통 수준이며, 체육시설 등 다목적으로 활용 가능한 반면 펌프장 설치 비용이 높고, 일부 토지수용이 필요하다는 단점을 가지고 있다. 하수관거 확장은 통수능을 확보하기 위해 기존 하수관거를 확장 (Eo, et al)하는 것을 말하며 저감효과가 좋고, 지하매설로 인해 경관성은 좋은편인 반면 공사비용이 많이 들고, 관거확장에 따른 지하매설물로 인한 부지확보가 어렵다.

앞서 분석한 바와 같이 대표적인 재해예방기법 장·단점 분석을 통해 효율성, 시공성, 공공성을 고려한 특성요소를 도출하였다. 해안가 대책인 이안제의 경우 저감효과, 토지수용 여부, 유지관리, 비용, 환경성, 경관성, 공사 난이도 등 특성요소를 도출하였으며, 반파공의 경우 저감효과, 공사기간, 다목적 활용, 비용, 유지관리, 환경성, 경관성 등 특성요소를 도출하였다. 하천 대책인 슈퍼제방의 경우 저감효과, 다목적 활용, 유지관리, 비용, 공사기간, 토지수용 여부, 공사난이도 등을

도출하였으며, 차수판의 경우 저감효과, 비용, 공사난이도, 공사기간, 유지관리, 토지수용 여부, 환경성, 다목적 활용 등 특성요소를 도출하였다. 마지막으로 내수 (도시) 대책의 배수펌프장에서는 저감효과, 환경성, 다목적 활용, 공사난이도, 비용, 토지수용 여부, 공사기간, 유지관리 등 특성요소를 도출하였으며, 하수관거 확장은 저감효과, 경관성, 환경성, 비용, 토지수용 여부, 유지관리, 다목적 활용, 공사기간 등 특성요소를 도출하였다.

최종적으로 해안가 대책, 하천 대책, 도시 (내수) 대책 등 공통요소를 뽑은 결과 비용, 저감효과, 경관성, 환경성, 유지관리, 공사기간, 공사난이도, 토지수용 여부, 다목적 활용여부 등 9개의 특성요소를 도출하였으며, Tabal 4와 같이 도출된 특성요소를 효율성 (비용, 저감효과, 경관성, 환경성, 유지관리) 시공성 (공사기간, 공사난이도, 토지수용여부), 공공성 (다목적 활용여부)으로 재분류하였다.

3.2 전문가 설문조사를 통한 재해예방기법 평가

전문가 설문조사는 재해예방기법별 특성요소 분석과 평가를 하기 위한 목적으로 설문을 실행했으며, 설문조사 대상은 다음 Table 5와 같이 해안, 하천, 내수 (도시) 관련 연구소와 산업체의 전문가 21명의 의견을 수렴하여 설문조사의 객관성을 확보하였다. 응답자 21명 중 해안 전문가는 9명이며, 하천 및 내수 (도시) 전문가는 12명이다. 직업군별로 살펴보면 연구소 소속 5명과 산업체 소속 16명으로 구분되고, 종사년수별로 구분하면 10년 이하가 11명, 10년에서 20년 5명, 20년 이상이 5명으로 구분하여 설문조사를 실시하였다.

Table 4. Comparison of Advantages and Disadvantages by Disaster Prevention

Category		Advantages	Disadvantages
Coastal Disaster Prevention	Detached Breakwater	• High Reduction • Easy Maintenance	• Expensive construction cost • Time-cost (Long)
	Recurved Wall	• Normal Reduction • Time-cost (Short) • Inexpensive construction cost	• Landscape (Bad)
River Disaster Prevention	Super Levee	• High Reduction • High Multi Purpose	• Expensive construction cost • Time-cost (Long) • Expropriation of Land
	Water-stop	• Inexpensive construction cost	• Multi Purpose (Bad)
Urban Disaster Prevention	Pumping Stations	• Normal Reduction • Normal Multi Purpose	• Expensive construction cost • Expropriation of Land
	Sewer Expansion	• High Reduction	• Expensive construction cost • Expropriation of Land

설문조사 방법으로는 해안가 복합재난 재해예방기법별 특성요소 평가 시행을 위한 설문조사지를 작성하였다. 전체 51개 재해예방기법 (구조물적 36개, 비구조물적 15개)에 대해 9개의 특성요소 중 해당되는 항목에 5점 척도 (1점 : 매우 좋음, 2점 : 좋음, 3점 : 보통, 4점 : 나쁨, 5점 : 매우 나쁨)로 평가하는 방법으로 설문조사를 수행하였다. 특히, 비구조물적 대책은 재해예방기법의 특성상 유형적인 것이 아니어서 비용과 저감효과만을 대상으로 설문을 진행하였다.

3.3 재해예방기법별 특성요소 평가 결과

재해예방기법 특성요소 평가 결과는 Table 6과 같이 21명의 전문가가 5점 척도 기준에 맞추어 평가한 결과를 전부 합산하여 값의 최대값 (95)과 최소값 (33)을 5개의 단계로 균등 분할하여 등급화를 실시하였다. Fig. 2와 같이 5단계로 등급화한 결과 1등급 22개 (6.8%), 2등급 59개 (18.2%), 3등급 109개 (33.6%), 4등급 104개 (32.1%)로 분석되었다. 그 중 해안가 대책은 1등급 10개 (6.2%), 2등급 27개 (16.7%), 3등급 49개 (30.2%), 4등급 58개 (35.8%), 5등급 18개 (11.1%)로 분석되었으며, 하천 대책은 1등급 9개 (8.3%), 2등급 20개 (18.5%), 3등급 43개 (39.8%), 4등급 29개 (26.9%), 5등급 7개 (6.5%)로 분석되었다. 마지막으로 내수 (도시) 대책은 1등급 3개 (5.6%), 2등급 12개 (22.2%), 3등급 17개 (31.5%), 4등급 17개 (31.5%), 5등급 5개 (9.3%)로 분석되었다.

구조물적 대책 36개 중 특성요소별 상위/하위 1~3순위 결과를 살펴보면, 다음 Table 7과 같이 비용은 건물차수판, 하천차수판, 하천방수벽 (파라펫)이 경제적인 것으로 분석되며, 슈퍼제방과 잠제, 이중제방이 비경제적인 것으로 나타났다. 저감효과 요소는 슈퍼제방, 이중제방, 제방승고가 저감효과

가 좋은 것으로 분석되며, 양빈, 사구복원, 해안호안은 저감 효과가 나쁜 것으로 나타났으며, 경관성 요소는 해안방재림, 하수관 신설, 양빈이 좋은 것으로 분석되며, 이안제, 돌제, 방사제, 반파공은 경관성이 나쁜 것으로 나타났다. 환경성 요소는 해안방재림, 육상 방재완충지역, 양빈, 사구복원이 좋은 것으로 분석되며, 이안제, 방파제, 방조제는 나쁜 것으로 나타났다. 유지관리 요소는 건물차수판, 하천차수판, 해안차수판, 제방승고가 유지관리가 쉬운 것으로 분석되며, 양빈과 사구복원, 하도준설, 잠제는 유지관리가 어려운 것으로 나타났다. 공사기간 요소는 건물차수판, 하천차수판, 해안차수판이 단기간으로 분석되며, 슈퍼제방, 방조제, 하수관거 확장, 해상 방재완충지역, 잠제가 장기간으로 나타났고, 공사난이도 요소는 건물차수판, 하천차수판, 해안차수판, 양빈이 난이도가 쉬운 것으로 분석되며, 잠제와 슈퍼제방, 이안제, 돌제, 도류제가 어려운 것으로 나타났다. 토지수용 여부 요소는 하도준설, 하천차수판, 돌제가 토지수용이 적은 것으로 분석되며, 슈퍼제방, 육상 방재완충지역, 해안방재림은 토지수용이 많은 것으로 나타났으며 다목적 활용 여부 요소는 해안방재림, 방재언덕, 슈퍼제방이 좋은 것으로 분석되며, 잠제, 이안제, 돌제, 도류제, 방사제, 해안차수판이 나쁜 것으로 나타났다.

대책별 주요 재해예방기법 특성요소에 대해 대책별 저감 대책을 2개씩 선정하였으며, 특성요소 평가결과에 대한 분석을 수행하였다. 대표적으로 이안제, 반파공 해안가 대책, 슈퍼제방, 차수판 하천대책, 배수펌프장, 하수관거 확장에 대해 평가해 보면, 해안가 대책은 Fig. 3 (a)와 같이 이안제의 경우 토지수용여부가 1등급으로 설치 시 토지수용이 적은 것으로 나타났으며, 저감효과와 유지관리는 3등급으로 보통이지만

Tabal 5. Disaster Prevention Techniques characteristic elements Result

Efficiency					Constructability			Publicness
Cost	Reduction	Landscape	Environment	Maintenance	Time-cost	Construction Difficulty	Expropriation of Land	Multi Purpose

Table 6. Survey Respondents

Specialty	Respondents	Occupation Types		Experience of Specialtiy		
		Reserch Institte	Industry	Less than 10y	10y~20y	More than 20y
Coast	9	-	9	7	1	1
River & urban	12	5	7	4	4	4
Sum	21	5	16	11	5	5
		21		21		

Table 7. Structural Measure Disaster Prevention Techniques characteristic elements of Evaluation Result (class)

Disaster Preventive Techniques		Feature								
		Efficiency					Constructability			Publicness
		Cost	Reduction	Landscape	Environment	Maintenance	Time-cost	Construction Difficulty	Expropriation of Land	Multi Purpose
Coast	Disaster Prevention Forest	3	3	1	2	3	3	2	5	1
	Soft Protection (Sea)	4	3	2	3	4	5	4	3	2
	Soft Protection (Land)	4	3	2	2	3	4	3	5	2
	Detached Breakwater	4	3	5	5	3	4	5	1	5
	Groin	4	3	5	4	3	4	4	1	5
	Training Dike	4	3	4	4	3	4	4	1	5
	Sand Groin	4	3	4	4	3	4	4	2	5
	Sea Dike	4	2	4	4	3	5	4	1	4
	Breakwater	3	1	4	4	3	4	4	1	4
	Submerged Breakwater	5	3	3	4	4	5	5	2	5
	Banking Embankment	4	2	4	4	3	3	4	3	4
	Artificial Nourishment	3	4	2	2	4	2	2	2	4
	Sand Dune	3	4	2	2	4	3	3	2	4
	Disaster Prevention Mound	4	2	4	4	3	4	4	4	1
	Parapet	3	3	4	3	3	3	3	2	5
	Recurved Wall	3	3	4	4	3	3	3	2	4
	Water-stop	2	3	4	3	2	2	2	1	5
	Shoreline	3	3	4	4	3	3	3	2	4
River	Raising Embankment	3	1	4	3	2	3	3	3	4
	Super Levee	5	1	3	4	3	5	5	5	1
	Dual Levee	4	1	4	4	3	4	4	4	3
	Banking Embankment	3	1	4	4	3	3	3	3	4
	Bridge Maintenance	3	2	3	3	2	3	3	2	4
	River Dredging	3	2	2	4	4	3	3	1	5
	Pumping Stations	4	2	4	3	3	4	4	4	4
	Floodgate	3	2	4	3	3	3	3	2	4
	Side-Weir Detention Basin	3	2	2	2	3	4	3	5	2
	Water-stop	2	3	3	3	2	2	1	1	4
	Parapet	2	3	3	4	3	2	2	1	5
	Shoreline	3	3	4	4	3	3	3	2	4
Urban	Sewer	4	2	2	3	3	4	3	3	5
	Sewer Expansion	3	2	2	3	4	5	4	3	5
	Pumping Stations	4	2	4	3	3	4	4	5	4
	Floodgate	3	2	4	3	3	4	3	3	4
	Rainwater Storage	3	2	2	2	3	4	4	4	4
	Water-stop	1	3	4	2	2	1	1	2	5

환경성, 공사기간, 비용이 4등급이고 경관성과 다목적 활용여부가 5등급으로 등급이 낮게 분석되었다. 반파공은 fig. 3

(b)와 같이 이안제보다 낮은 수준인 토지수용이 2등급으로 나타났으며, 저감효과, 유지관리, 공사기간, 공사난이도는 3

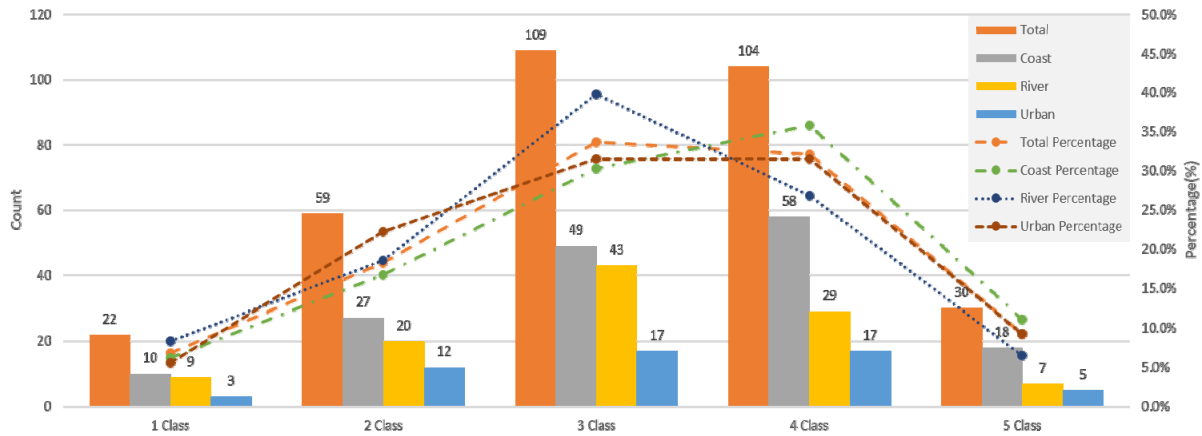


Fig. 2. Comparison Characteristics of Coastal, River, and urban by Disaster Prevention Techniques.

Table 8. Evaluation of Disaster Prevention Techniques (Structural Measure) Characteristic Elements Top/Low 1st-3rd Rank Result

Feature		Top Rank			Low Rank		
		1	2	3	1	2	3
Efficiency	Cost	Water-stop (urban)	Water-stop (river)	Parapet	Super Levee	Submerged Breakwater	Dual Levee
	Reduction	Super Levee	Dual Levee	Rasing Embankment	Artificial Nourishment	Sand Dune	Shoreline
	Landscape	Disaster Prevention Forest	Sewer	Artificial Nourishment	Detached Breakwater	Groin	Sand Groin, Recurved Wall
	Environment	Disaster Prevention Forest	Soft Protection (Land)	Artificial Nourishment, Sand Dune	Detached Breakwater	Breakwater	Sea Dike
	Maintenance	Water-stop (urban)	Water-stop (river)	Water-stop (coast), Rasing Embankment	Artificial Nourishment	Sand Dune, River Dredging	Submerged Breakwater
Constructability	Time-cost	Water-stop (urban)	Water-stop (river)	Water-stop (coast)	Super Levee	Sea Dike, Sewer Expansion	Soft Protection (Sea), Submerged Breakwater
	Construction difficulty	Water-stop (urban), Water-stop (river)	Water-stop (coast)	Artificial Nourishment	Submerged Breakwater	Super Levee, Detached Breakwater	Groin, Training Dike
	Expropriation of Land	River Dredging	Water-stop (river)	Groin	Super Levee	Soft Protection (Land)	Disaster Prevention Forest
Publicness	Multi Purpose	Disaster Prevention Forest	Disaster Prevention Mound	Super Levee	Submerged Breakwater	Detached Breakwater	Groin, Training Dike, Sand Groin, Water-stop (coast)

등급으로 보통 수준인 것으로 분석되었다.

하천 대책의 슈퍼제방은 Fig. 4 (a)와 같이 규모와 특성에 따라 저감효과와 다목적 활용 여부가 1등급으로 아주 우수한

것으로 나타났으며, 유지관리 역시 2등급으로 우수한 것으로 나타났다. 또한 슈퍼제방을 설치하기 위해서는 많은 공간이 필요하여 이에 따라 경관성은 보통인 3등급이며, 환경성은 4

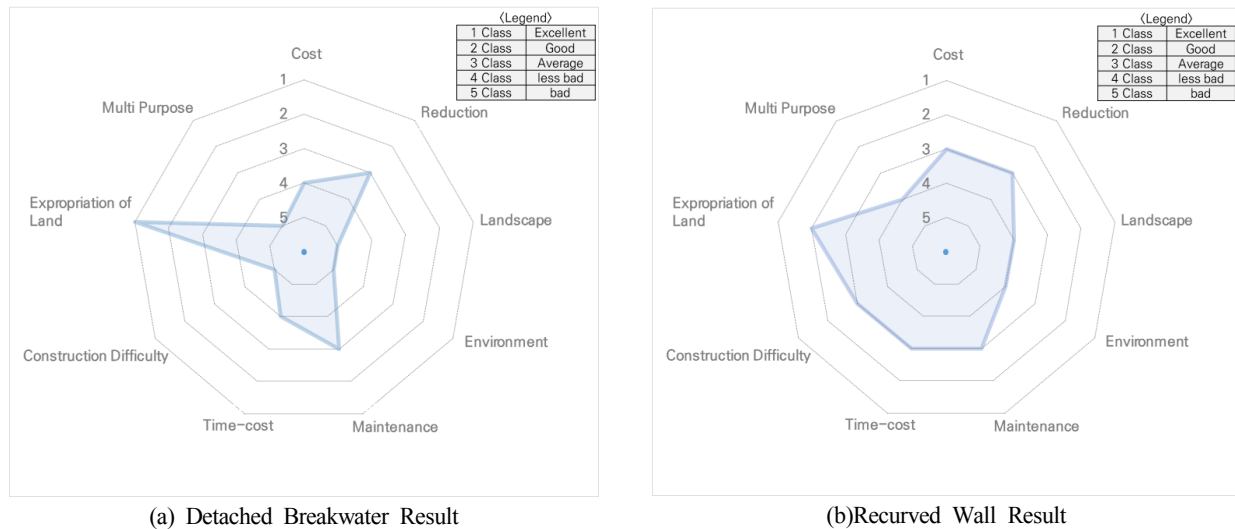


Fig. 3. Detached Breakwater and Recurved Wall Characteristic Elements of Result.

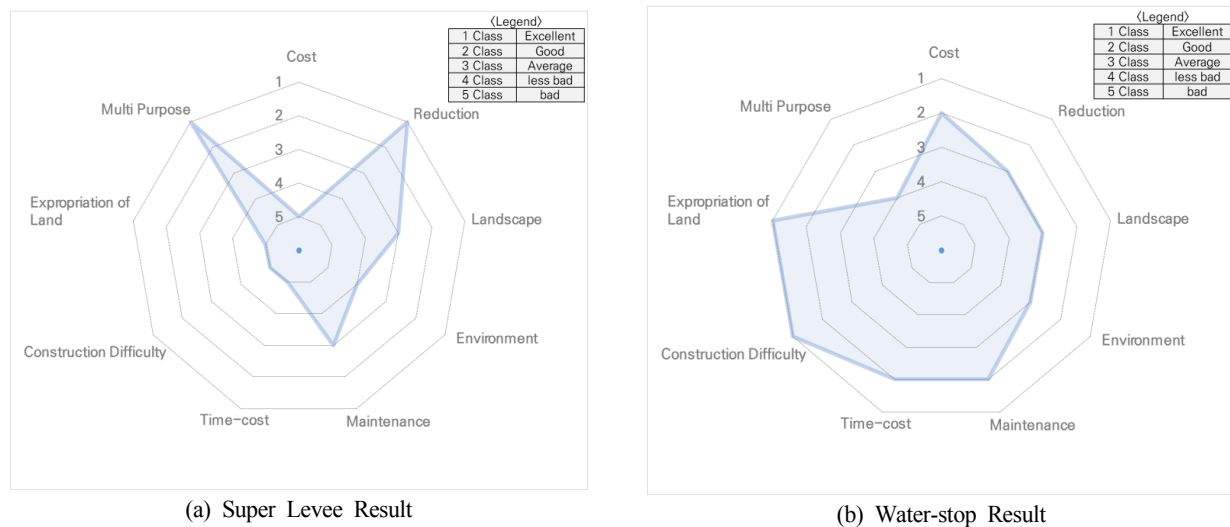


Fig. 4. Super Levee and Water-stop Characteristic Elements of Result.

등급, 비용, 공사기간, 공사난이도, 토지수용 여부가 아주 나쁨인 5등급으로 나타났다. 차수관은 Fig. 4 (b)와 같이 시공의 편리성으로 인해 공사기간과 공사난이도, 토지수용여부가 아주 우수한 등급인 1등급으로 나타났고, 비용, 환경성, 유지관리 요소가 2등급으로 전반적으로 아주 좋은 대책으로 나타났으며 저감효과와 경관성은 3등급인 보통이며, 다목적 활용여부가 4등급인 나쁨으로 나타났다.

내수 (도시) 대책의 배수펌프장은 Fig. 5 (a)와 같이 도시 배수펌프장은 저감효과가 우수한 2등급으로 나타났으며, 비용, 환경성, 유지관리, 공사난이도가 보통인 3등급으로 나타

났지만 경관성, 공사기간, 토지수용 여부, 다목적 활용 여부는 4등급으로 나타났다, 마지막으로 하수관거 확장은 Fig. 5 (b)와 같이 하수관거 확장은 저감효과가 1등급이며 경관성토지수용여부가 2등급으로 나타났으며, 비용, 환경성, 유지관리는 보통인 3등급이며, 공사기간, 공사난이도, 다목적 활용 여부는 4등급으로 나쁨으로 나타났다.

비구조물적 대책은 앞서 언급한 바와 같이 재해예방기법의 특성상 비용과 저감효과에 대해서만 평가를 진행하였고, Table 8과 같이 분석한 결과 비용측면에서는 풍수해보험, 대피지도 작성, Hazard맵 작성, 대피지도 작성, 연안재해취약지



Fig. 5. Pumping Stations and Sewer Expansion Characteristic Elements of Result.

Table 9. Evaluation of Disaster Prevention Techniques (Non-Structural Measure) characteristic elements result

Disaster Preventive Techniques	Feature	
	Cost	Reduction
Urban Redevelopment	4	1
Flood and Storm Insurance	1	3
Hazard Map	1	3
Evacuation Map	1	3
Coastal Hazard Map	1	4
Shelter Designation and Management	1	3
Disaster Warning System	2	2
Monitoring Coastal Changes	3	3
Education and Training	1	3
Emergency Action Plan	1	3
Setback	5	2
Land Use Regulation	3	2
Land Purchase	5	2
Transfer of Public Institutions	5	1
Migration	5	1

도 작성, 대피소 지정·관리, 교육/훈련, 비상대처계획 (EAP) 이 경제적인 것으로 나타났다. 또한 연안후퇴 (setback), 용지 매입, 공공시설 이전, 주민 이주가 비경제적인 대책으로 나타났다. 저감효과의 경우, 도시재정비, 공공시설 이전, 주민 이주가 효과가 높은 대책으로 나타나며, 연안재해취약지도 작

성이 저감효과가 낮은 것으로 나타났다. 비용이 경제적이며 저감효과가 높은 대책은 풍수해보험, Hazard맵 작성, 대피지도 작성, 대피소 지정·관리, 재난예경보체계 구축, 교육/훈련, 비상대처계획 (EAP)으로 나타났다.

4. 결론

본 연구는 해안가 복합재난 위험지역에 대한 재해예방기법 개발 및 평가를 위하여 각 부처별 위험지구 사례 및 자연재해저감종합계획을 분석하고, 하구특성을 고려하여 총 51개 재해예방기법 (구조물적 대책 36개, 비구조물적 대책 15개)을 도출하였고, 도출된 재해예방기법별 장·단점을 분석하여 비용, 저감효과, 경관성, 환경성, 유지관리, 공사기간, 공사난이도, 토지수용여부, 다목적 활용여부 등 9개의 특성요소를 도출하였다.

특성요소를 평가하기 위해 재해예방기법별 전문가 설문조사지를 작성하였고, 5점 척도 (1점 : 매우좋음, 2점 : 좋음, 3점 : 보통, 4점 : 나쁨, 5점 : 매우나쁨)로 평가하는 방법으로 전문가 21명에 대해 설문조사를 수행하였다. 설문조사 결과를 1등급부터 5등급까지 등급화한 결과 1등급 22개 (6.8%), 2등급 59개 (18.2%), 3등급 109개 (33.6%), 4등급 104개 (32.1%)로 분석되었다.

구조물적 재해예방기법 특성요소에 대한 가장 적합한 재해예방기법은 비용, 유지관리, 공사기간, 공사난이도 등을 고려했을 경우 가장 적합한 재해예방기법은 차수판이며, 저감효과는 슈퍼제방으로 분석되었고, 경관성, 환경성, 다목적 활

용성은 해안방재림 등 가장 적합한 재해예방기법으로 분석되었다. 비구조물적 재해예방기법은 특성상 비용 및 저감효과 측면에 대해 설문조사를 실시하였고, 비용이 경제적이고 저감효과가 높은 대책은 풍수해보험, Hazard맵 작성, 대피지도 작성, 대피소 지정·관리 등으로 분석되었다.

본 연구를 통해 해안가대책, 하천대책, 내수 (도시)대책 등의 재해예방기법 활용시 재해예방기법 특성요소에 맞는 기법을 적절하게 적용 가능할 것으로 판단되며 해안가 복합재난 위험지구에 대한 구조물적, 비구조물적 재해예방기법 선정시 활용 될 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 행정안전부 ‘극한재난대응기반기술개발’사업의 연구비 지원으로 수행한 ‘맞춤형 재해예방 체계 구축’ [2018-MOIS31-008-01020000-2018] 과제의 성과입니다.

REFERENCES

Eo Gyu, et al. (2018). Development of Recovery Techniques of Urban Flood Disaster Multilayer. Journal of Korean

Soc. Hazard Mitig. 18: 59-68.

Kawata, Y. (2011). Downfall of Tokyo due to Devastating Nompound Disaster. Journal of Disaster Research, 6 (2): 176-184.

Kim B,R et al. (2018). Analysis of Disaster-Influenced Factors and Causes in Compound Disaster Districts in Coastal Areas. Journal of Korean Soc. Hazard Mitig. 18: 621-629.

Lee, Sung Hyun et al. (2018). A Study on the Application of Coastal Disaster Prevention Technique Considering Climate Change. Journal of Climate Change Research. 9 (4): 369-376.

Ministry of Environment. (2017). Design Standards for Pumping Station.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2009). Standard River Design.

Ministry of the interior and safet. (2016). Design Standards for Coastal Facilities.

Oh, Sang-Ho. (2016). “Analysis of the Effect of Reducing Wave Overtopping by Wave Return Walls.” Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers 28 (1): 1-6.