연안정비사업 경성공법 배치에 따른 관리해안선 설정 및 평가방법에 대한 남항진 해변 실증연구 An Empirical Study on the Setting and Evaluation Method of the Controlled Coastlines according to the Hard Defense of Coastal Improvement Project

유영재 · 문용호 · 박원경
(주)대영엔지니어링 기술연구소

Young-Jae Yoo · Yong-Ho Moon · Won-Kyung Park
Coastal & Ocean Engineering Laboratory, DY Engineering Co., Ltd. Seoul 08378, Korea

Abstract

In this study, the appropriateness of structure layout design was reviewed by conducting on empirical study on Namhangjin beach to which the hard defense was applied so that an efficient layout design could be made when the hard defense construction was applied in the future coastal improvement projects. As for the research method, the controlled coastlines was set for the target beach, the evaluation shoreline was calculated for the structure, and the accuracy was reviewed by comparing it with the shoreline survey data after the project. In the case of Namhangjin beach, the feasibility of the coastal improvement project was confirmed by this study, and improvements in the wave height transmission rate ERF calculation formula were confirmed.

Keywords : Coastal erosion, Empirical study, HaeSaBeeN, MeePaSoL, Controlled coastline

1. 서론

과거부터 우리나라 연안은 침식문제가 빈번히 발생하고 있으며, 이에 대응하기 위해 연안정비사업으로 경성 및 연성공법을 적용하여 해안침식 피해를 저감하고 있다. 경성공법의 경우 평면배치는 수치·수리모형실험을 통해 검토되고 있으며 주로 정성적인 방법으로 결정되고 있다. 이러한 결정방법은 대상지의 지형변동 및 해안선변화에 대해 과소 또는 과대평가를 할 수 있으며, 주변 해안까지 영향을 줄 수 있다. 그러므로 효과적인 배치를 위해목표가 되는 기준해안선을 설정하고 만족하는 평가결과가 정략적으로 검토되어야 할 것으로 사료된다.

이에 대한 연구로 Park et al., 2019; Lee et al., 2020은 효과적인 배치를 위한 기준해안선을 제공해주는 관리해안선 연구를 이론적으로 수행하였다. 관리해안선은 목표치가 되어주는 목표해안선과 이를 만족하는 평가해안선으로 구분되며 목표해안선 설정 및 달성평가 방법에 대해 연구되었다. 평가해안선 산정은 Hsu(1987)등이 제시한 포물선형 해안형상식을 기반으로 구조물의 투과율을 적용하여 평형해안선을 도시해주는 MeePaSoL(Kim and Lee, 2015)과 Dean(1977)등에 의하여 제시된 평형해빈단면식(Equilibrium beach profile)을 기반으로 침식 폭을 산정할 수 있는 HaeSaBeeN(Park et

al., 2019)모델을 사용하여 평가한다.

본 연구에서는 관리해안선을 실 해안역에 적용하여 설정 및 평가의 방법론을 고찰하고 구조물 배치에 따른 평가해안선과 실측자료를 비교하여 정량적인 검토결과를 제시하였다. 본 연구를 대상으로 연안정비사업 시 관리해안선을 적용할 수 있도록 하는데 목적이 있다.

2. 연구방법 및 내용

본 연구에서는 연안의 효율적인 관리를 위한 관리해안선 개념(Park et al., 2019; Lee et al., 2020)을 적용하여 연안정비사업 경성공법이 적용된 남항진해변을 대상으로 관리해안선 설정 및 평가에 대한 실증연구를 수행하였다. 대상지의 항공사진과 2020년 연안침식 실태조사용역(강원도환경동해본부) 자료를 참고하여 개발 및 침식이력을 조사하였다. 기 시행된 연안정비사업의 경성구조물에 대한 연평균파랑 및 이상파랑 조건에서의 파고전달율을 산정하고 MeePaSoL(Kim and Lee, 2015), HaeSaBeeN(Park et al., 2019)등의 모델을 이용하여 평형상태 평가해안선, 30년 빈도 침식한계 평가해안선을 예측하였다. 예측된 관리해안선 평가결과와 해안선측량자료를 비교 검증하여 파고전달율 산정식에 따른 예측결과의 정확도를 실측치와 검토하였다.

2.1 관리해안선의 정의

연안의 효율적인 관리를 위한 관리해안선(Park et al., 2019; Lee et al., 2020)의 구분은 해안선의 목표설정과 그 목표치의 달성평가로 구분된다. 목표설정에는 평균유지 목표해안선(MTS, Mean Target Shoreline)과 침식저지 목표해안선(EPL, Erosion Prevention Line)으로 구분되며, 달성평가에는 평형상태 평가해안선(ESL, Equilibrium Shore Line)과 침식한계 평가해안선(ECL, Erosion Control Line)으로 구분되며, 각 해안선의 정의와 설정 및 평가 방법은 Table 1과 같다.

2.2 대상지 인근 개발 및 침식이력조사

남항진해변 북측의 강릉항 개발은 1992년에 시작되어 북방파제가 2002년에 완공 되었으며(Fig. 1a, Table 2), 이로 인해 N계열 파랑이 차폐되고 방파제 두부에서 회절되는 파랑은 해변에 영향을 주면서 표사이동 체계에 변형을 발생시킴으로써 완공 이후인 2005년 항공사진의 A, B구역에서 침식이 크게 발생한 것으로 나타났다(Fig. 1b).

이러한 침식피해의 대책으로 1차 연안정비가 2004년에 시작되어 강릉항 남측 도류제와 돌제가 2006년에 완공되었으며, 1차 연안정비사업 후인 2010년 항공사진에서 A, B구

Table 1. Definitions of controlled coastlines(Park et al., 2019; Lee et al., 2020)

Division		Definition	Setting up and evaluation methods
Target setting	Mean Target Shoreline(MTS)	Existing natural coastline before development, Coastline for sand beach conservation purposes	Set as the mean shoreline (using aerial photos or coastline observation data), or consultation with the coastal management
	Erosion Prevention Line(EPL)	An erosion barrier to protect the hinterland	Set to relative beach width (considering revetment, coastal road, waterfront facilities, building, pre-scouring phase and wave runoff, etc.)
Achievement evaluation	Equilibrium Shore Line(ESL)	Equilibrium shorelines that change as watersheds and coastal environments change	Average of long-term shoreline data or calculation of equilibrium shoreline by sedimentary balance analysis and equilibrium shoreline equation (Used Tool: HaeBeanPoc, MeePaSol)
	Erosion Control Line(ECL)	Erosion limit coastline due to unusual waves (Coastline due to change in wave condition)	Calculated through variability analysis (statistical analysis) of long-term shoreline observation data, or calculated 30-year frequency erosion limit line based on sand grain size and wave height information (Used Tool: HaeSaBeeN)

(a) Gangneung Port development(1996, aerial photo)

(b) Coastal erosion after port development(2005, aerial photo)

(c) After the 1st Coastal improvement project(2010, aerial photo)

(d) After the 2nd Coastal improvement project(2015, aerial photo)

Fig. 1. History of coastal changes following the development of Namhangjin beach(Aerial photo)

역의 면적이 증가 하였으나(Fig. 1c, Table 2), 침식등급 평가에서는 D등급으로 침식에 취약한 것으로 평가되었다(Table 3).

이에 따라 2차 연안정비사업이 2010년에 시작되어 수중방파제 5기와 양빈이 2013년에 완공 되어 사업 이후인 2015년 A, B구간의 면적이 증가되어 침식등급 평가에서 B등급 수준으로 해변의 기능을 회복한 것으로 평가 되었다(Table 3).

2.3 목표 관리해안선 설정

목표 관리해안선은 앞서 Table 1에서 설명한 평균유지 목표해안선(MTS)과 침식저지 목표해안선(EPL)으로 구분되고, 해안선 측량자료와 항공사진을 이용하여 설정하였으며, 설정방법을 아래 상세히 서술하였다.

2.3.1 평균유지 목표해안선(MTS)

평균유지 목표해안선(MTS) 설정은 기존에 자연적으로 형성된 사빈의 지속적 유지관리를 목표로 최우선으로 하나, 여의치 않은 경우 해변의 보전적 관리 측면을 목표로 설정할 수 있는 목표 관리해안선이다.

남항진해변의 경우 강릉항 개발에 의해 평형해안선이 크게 변화하였으며, 개발 이전 평균해안선과 개발 이후 해안선을 교차하여 외해측에 있는 선을 평균유지 목표해안선(MTS)으로 설정하였다(Fig. 2b). 이는 강릉항 개발 이후 평균유지 목표해안선(MTS)으로 남측에는 자연해빈을, 북측에는 구조물에 의해 변형된 해변이 평균유지 목표해안선(MTS)이 된다.

강릉항 개발 이후에 1차 연안정비사업(2006)으로 도류제 건설과 양빈이 시행되어 평형해안선이 재변형 되었다. 때문에 1차 연안정비사업 이후의 평균유지 목표해안선(MTS)을 재설정할 필요가 있다. Fig. 2b에 도시한 강릉항 개발 이후 평균유지 목표해안선(MTS)과 1차 연안정비사업 이후 평균해안선을 교차하여 외해측에 있는 선을 평균유지 목표해안선(MTS)으로 설정하였으며, 이를 1차 연안정비사업 이후 평균유지 목표해안선(MTS)으로 볼 수 있다(Fig. 3a). 또한 2차 연안정비사업 이후 구조물 배치에 따른 평형상태 평가해안선(ESL)을 산정하여 이를 사업에 대한 최종 평균유지 목표해안선(MTS)으로 볼 수 있다(Fig. 3b).

Table 2. History of development and coastal improvement projects on Namhangjin beach

Project	Period
Northern Breakwater Construction at Gangneung Port	1992 ~ 2002
Southern Breakwater Construction at Gangneung Port	2002 ~ 2007
1 st Coastal improvement project (Training dike 250m, Groin 61m)	2004 ~ 2006
2 nd Coastal improvement project (Submerged breakwater (5) 840m, Beach nourishment 75,000m ³)	2010 ~ 2013

Table 3. Erosion evaluation grade of Namhangjin beach(Donghae Regional Office of Oceans and Fisheries, 2020)

Year	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Erosion evaluation grade	D	D	D	B	B	B	B	B	B	B	B

Fig. 2. Mean shoreline before Gangneung port development & MTS after Gangneung port development

Fig. 3. MTS after the 1st & 2nd coastal improvement project

여기서, α 는 파랑제어 구조물의 쇄파특성계수, β 는 파랑제어 구조물의 소산특성계수, H_i 는 구조물 전면 입사파고로 erf 함수로 구성된다.

$$K_t = -0.92 \left(\frac{W}{L_o} \right) + 0.42 \left(\frac{R_c}{H_o} \right) + 3.8 \left(\frac{H_o}{L_o} \right) + 0.51 \quad (2)$$

여기서, W 는 구조물의 폭, R_c 는 조위를 포함한 구조물의 마루수심, H_o 와 L_o 는 환산심해파고, 파장이다.

$$K_t = 0.38 \exp \left(\frac{R_c}{d} \right) + 0.095 \exp \left(\frac{R_c}{H_s} \right) + 0.072 \ln \left(\frac{H_s}{L_s} \right) - 0.118 \ln \left(\frac{W}{L_s} \right) + 0.013 \quad (3)$$

여기서, d 는 조위를 포함한 구조물의 선단수심, H_s 와 L_s 는 구조물 전면 입사파고, 파장이다.

2.5 침식포텐셜 산정

해안침식의 이론에 의한 침식포텐셜을 적용하여 관리해

Fig. 4. Cross section of submerged breakwater in Namhangjin beach(reef type, general type)

Table 6. Specifications and calculation results of wave height transmission rate calculation formula

Division			ERF		Takayama		Lee	
			Reef type	General type	Reef type	General type	Reef type	General type
Mean wave (Unusual wave)	α	Wave breaking characteristics coefficient	0.61 (0.65)	0.61 (0.65)	-	-	-	-
	β	Extinction characteristics coefficient (m)	0.588 (3.351)	0.388 (3.011)	-	-	-	-
	M.S.L (A.H.H.W)	Mean sea level(m) (Approximate highest high water) (m)	0.186 (0.372)					
	R_c	Crest depth + M.S.L (m) (Crest depth + A.H.H.W) (m)	0.386 (0.572)	-0.014 (0.172)	0.386 (0.572)	-0.014 (0.172)	0.386 (0.572)	-0.014 (0.172)
	d	Tip depth + M.S.L (m) (Tip depth + A.H.H.W) (m)	5.786 (5.972)					
	H_i, H_c	Incident wave height in front of the structure (m)	0.79 (3.37)					
	H_o	Equivalent deep water wave height (m)	0.86 (2.92)					
	L_s	Incident wavelength in front of the structure (m)	37.63 (89.29)					
	L_o	Equivalent deep water wavelength (m)	50.33 (224.64)					
	W	Crest width of structure (m)	Reef type = 22.48, General type = 20.68					
	K_t	Wave transmission	0.43 (0.55)	0.30 (0.52)	0.35 (0.55)	0.19 (0.50)	0.39 (0.57)	0.32 (0.54)

안선을 평가하였다. 포텐셜에는 표사체계의 이동형태에 따라 연안표사 침·퇴적포텐셜과 횡단표사 침식포텐셜로 구분되며, 횡단표사 침식포텐셜은 침식폭을 산정하는 것으로 측량자료 통계분석을 이용하는 방법과 평형해빈단면 이론을 이용하는 방법이 있다.

2.5.1 연안표사 침·퇴적포텐셜

해빈의 연안표사로 인한 해안선변형은 침식과 퇴적이 공존하여 물질 보존의 법칙으로 침식면적과 퇴적면적은 Fig. 5와 같이 같다고 가정한다. 구조물에 의한 평가해안선을 MeePaSoL을 이용하여 산정 후 연안표사 침·퇴적포텐셜을 고려하여 해안선을 이동하면 평형해안선이 된다.

2.5.2 횡단표사 침식포텐셜 - 해안선 측량자료 통계분석에 의한 산정방법

횡단표사 침식포텐셜을 고려하여 해안선 측량자료를 이용한 침식폭 산정방법은 연안정비사업 이후 해안선 측량자료(2013.12 ~ 2019.09, 24회)를 평균하여 평균해안선(Mean Shore Line, MSL)을 산정하고 MSL을 기준으로 기선별(10m간격) 침·퇴적 폭을 산정하여 도표로 표기하면 Fig. 6과 같이 분포도가 나타난다. 측량자료 분포도는 정규분포도를 따른다고 가정하며 표준편차를 산정한다. Park et al., 2019의 선행 연구에 따라 표준편차(σ)가 1일 때 30년 빈도 재현주기 침식폭을 3.6m로 가정하였으며, 산정된 측량자료의 표준편차

에 3.6m를 기선별로 곱해주면 기선별 침식폭이 산정된다.

남항진해변 2차 연안정비사업 이후 해안선 측량자료 분포도는 Fig. 6과 같이 나타났으며, 기선별(10m) 평균 표준편차는 7.4로 산정되었다. 여기에 앞서 설명한 30년 빈도 재현주기 침식폭 3.6m를 곱하면 평균 침식폭은 26.6m로 산정되고, 기선별로 최소 10.8m ~ 최대 39.9m 침식되는 것으로 나타났다.

2.5.3 횡단표사 침식포텐셜 - Dean(1977)의 평형해빈단면식에 의한 산정방법

이론식을 이용하여 침식폭을 산정하는 방법은 해빈의 모래 축적계수(A)와 30년 빈도 쇄파파고(H_b)를 이용하여 Dean (1977) 등에 의하여 제시된 평형해빈단면식(Equilibrium beach profile)을(식(4)) 기반한 HaeSaBeeN을 사용하여 산정한다 (Park et al., 2019). 남항진해변의 모래 축적계수(A)는 “2020년 연안침식 실태조사용역”의 GW27 남항진해변 실태조사 결과 자료를 이용하였으며, 쇄파파고(H_b)는 Goda(1970)의 쇄파파고 도표를 이용하였다(Table 7).

$$h = Ay^{2/3} \quad (4)$$

HaeSaBeeN을 이용한 남항진해변의 침식폭은 28m로 산정되었으며, 측량자료를 이용한 평균 침식폭 26.6m와 유사한 값으로 산정되었다. 본 연구에서는 기선을 10m간격으로 산정한 측량자료를 이용하는 방법을 적용하여 ECL을 산정하였으며, 타 대상지에서 침식폭 산정 시 해안선 측량자료가

Fig. 5. Coastal sedimentary erosion potential conceptual map (Author written)

Fig. 6. Distribution of sedimentation and erosion at Namhangjin beach (Author written)

Table 7. Sediment scale parameter by baseline and Goda(1970) wave breaking height chart

Baseline No.	01	02	03	Mean
Scale factor (A)	0.151	0.156	0.159	0.155

미흡할 경우 기선별 축척계수를 확보하여 이론식을 사용하여 적용하여도 적절할 것으로 판단된다.

2.6 관리해안선 평가방법 및 내용

관리해안선 평가는 연평균파랑과 이상파랑에 대해서 평가하며 연평균파랑에는 평형상태 평가해안선(ESL), 이상파랑에는 침식한계 평가해안선(ECL)으로 구분된다. 평형상태 평가해안선(ESL) 결과는 평균유지 목표해안선(MTS)을 만족하고, 침식한계 평가해안선(ECL)은 침식저지 목표해안선(EPL)을 만족하면 구조물 배치는 대상해변에 대해 적절한 배치가 이루어진 것으로 평가한다.

2.6.1 평형상태 평가해안선(ESL) 산정방법

남항진해변의 평형상태 평가해안선(ESL) 산정과정은 Fig. 7a와 같으며, 아래의 순서로 산정된다.

- 1) 남항진해변 2차 연안정비사업 이전 해안선 측량자료 (2010.02 ~ 2012.08, 10회)를 이용하여 평균해안선을 산정한다.
- 2) MeePaSoL을 이용하여 평균해안선에 맞춰 Shoreline Digitizing 하여 기준해안선을 추출하고, 연평균파랑에 대한 파고 전달을 값을 적용하여 평형해안선을 산정한다.
- 3) 산정된 평형해안선을 연안표사 침·퇴적포텐셜을 고려하여 퇴적면적과 침식면적이 같아질 수 있도록 평형해안선을(남항진의 경우 20.2m) 후퇴한다.
- 4) 2차 연안정비사업으로 75,000m³의 체적으로 양빈이 수행되었으며, 이로 인한 전진 폭 21.7m만큼 평형해안선을 전진한다.
- 5) 평형상태 평가해안선(ESL) 최종산정결과를 평균유지 목표해안선(MTS)과 비교하여 달성 여부를 검토한다.

Fig. 7. Calculation process to assess the controlled coastlines

2.6.2 침식한계 평가해안선(ECL) 산정방법

남항진해변의 침식한계 평가해안선(ECL) 산정과정은 Fig. 7b와 같으며, 아래의 순서로 산정된다.

- 1) 남항진해변 2차 연안정비사업 이후 해안선 측량자료(2013.12 ~ 2019.09, 24회)를 이용하여 평균해안선을 산정한다.
- 2) MeePaSoL을 이용하여 평균해안선에 맞춰 Shoreline Digitizing 하여 기준해안선을 추출하고, 30년 빈도 파랑에 대한 파고전달을 값을 적용하여 평형해안선을 산정한다.
- 3) 산정된 평형해안선을 연안표사 침 · 퇴적포텐셜을 고려하여 퇴적면적과 침식면적이 같아질 수 있도록 평형해안선을(남항진의 경우 12.7m) 후퇴한다.
- 4) 다시 횡단표사 침식포텐셜을 고려하여 평형해안선을 침식폭 만큼 후퇴하였으며, 30년 빈도 후퇴거리(침식 폭) 산정은 측량자료 통계분석을 이용하거나 Dean(1977)의 평형해빈단면식(Equilibrium beach profile)을 기반한 HaeSaBeeN을 사용하여 침식폭을 산정한다.
- 5) 침식한계 평가해안선(ECL) 최종산정결과를 침식저지 목표해안선(EPL)과 비교하여 달성 여부를 검토한다.

2.7 관리해안선 평가결과

2.7.1 평형상태 평가해안선(ESL)

앞서 제시한 파고전달을 산정식 적용에 따른 평형상태 평가해안선(ESL) 예측결과를 Fig. 8에 도시하였으며, 연안정비사업 이후 해안선측량자료(2013.12 ~ 2019.09, 24회)의 평균해안선과 비교검토 하였다. 측량 평균해안선과 파고전달을 산정식에 따라 각 산정된 평형상태 평가해안선의 기선별(10m 간격) 해빈폭을 산정하여 상관관계를 검토하였다.(Fig. 9)

남항진해변 파고전달을 산정식별 평형상태 평가해안선(ESL) 산정결과 3가지의 산정식 모두 Slope는 1.07 미만으로 1에 상당히 근접하여 유사성이 높은 것으로 나타났으며, 상관관계는 ERF경험식과 Lee and Cho(2020)실험식에서 0.86으로 Takayama(1985)실험식에 비해 높게 나타났다.

2.7.2 침식한계 평가해안선(ECL)

파고전달을 산정식 적용에 따른 침식한계 평가해안선(ECL) 예측결과를 Fig. 10에 도시하였으며, 산정결과를 연안정비사업 이후 해안선측량자료(2013.12 ~ 2019.09, 24회) 평균해안선을 30년 빈도 침식폭 만큼 후퇴하여 비교검토 하였다. 해안선측량 침식한계 해안선과 파고전달을 산정식에 따라 각 산정된 침식한계 평가해안선을 기선별(10m간격) 해빈폭을 산정하여 상관관계를 검토하였다.(Fig. 11)

Fig. 8. Equilibrium shoreline(ESL) calculation result of Namhangjin beach

Fig. 9. Correlation between the predicted beach width of ESL and the surveyed beach width

Fig. 10. Erosion control line(ECL) calculation result of Namhangjin beach

Fig. 11. Correlation between the predicted beach width of ECL and the surveyed beach width

남항진해변 파고전달율 산정식별 침식한계 평가해안선 (ECL) 산정결과 3가지의 산정식 모두 Slope는 0.89 미만으로 1에 근접하여 유사성이 높은 것으로 나타났으며, 상관관계 또한 3가지의 산정식 모두 0.88이상으로 상관관계 또한 높게 나타났다.

3. 관리해안선 검토결과

관리해안선 평가결과는 3가지의 파고전달율 산정식 모두 정성적으로 목표 관리해안선을 충족하는 것으로 나타났으며, 본 연구에서는 산정된 관리해안선 평가결과의 정확도를

검증하기위해 연안정비사업 이후의 해안선측량 자료를 이용하여 비교검토 하였다. 남항진해변의 평형상태 평가해안선(ESL)과 침식한계 평가해안선(ECL)의 결과를 해안선 측량자료와 비교하여 RMSE(Root Mean Square Error), CORR (Correlation Coefficient), Bias의 통계 값을 Table 8에 나타내었다.

파고전달율 산정식별 평형상태 평가해안선(ESL) 검토결과 산정된 평형해안선의 해변폭이 측량된 평균해빈폭 보다 약간 큰 추세로 나타났으며, ERF경험식과 Lee and Cho(2020) 실험식에서 상관계수 0.86이상으로 산정되어 Takayama(1985)에 비해 높은 정확도로 나타나고 산포도는 모두 유사하게 나타났다.

Table 8. Statistical analysis of the estimated shoreline compared to the survey data

Division		RMSE(m)	CORR	Bias(m)
Equilibrium Shore Line(ESL)	ERF	11.7	0.86	4.2
	Lee	12.2	0.86	4.8
	Takayama	16.2	0.77	4.6
Erosion Control Line(ECL)	ERF	8.4	0.85	-4.4
	Lee	8.0	0.86	-4.1
	Takayama	8.5	0.84	-4.3

파고전달을 산정식별 침식저지 평가해안선(ECL) 검토결과 산정된 침식해안선의 기선별 해빈폭이 측량자료를 이용한 침식 해빈폭 보다 작은 추세로 나타났으며, 3가지의 파고전달을 산정식에서 상관계수가 0.84이상으로 산정되면서 실측치와 높은 상관관계를 나타냈다.

4. 결론

본 연구에서는 관리해안선을 경성공법이 배치된 실 해역 남항진해변에 적용하여 실증연구를 수행하였다. 관리해안선 평가는 파고전달을 ERF경험식과 Takayama(1985), Lee and Cho(2020)실험식으로 평가하여 사업 후 해안변화 관측자료와 비교하여 정량적으로 검토하였으며, 주요결과 및 고찰은 다음과 같다.

- 1) 평형상태 평가해안선(ESL) 산정결과 ERF경험식과 Lee and Cho(2020)실험식에서 CORR은 0.86으로 나타났으며, 3가지 산정식에서 RMSE는 11.7~16.2m, Bias는 4.2~4.8m로 측량 해빈폭 보다 큰 추세로 나타났다.
- 2) 침식한계 평가해안선(ECL) 산정결과 파고전달을 3가지 산정식에서 RMSE는 8.0~8.5m, CORR은 0.84이상으로 3가지 모두 높은 상관도를 나타냈으며, Bias는 -4.1~-4.4m로 측량 해빈폭 보다 낮은 추세로 나타났다.
- 3) Fig. 8과 같이 예측된 ESL은 측량 평균해안선에 비해 굴곡이 뚜렷한 형태로 산정되는데 이는 파고전달을 산정식이 단면상에서의 산정식으로 실제의 복잡한 파랑장과 변화하는 수심 등 평면적인 특성이 미고려 되어 차이가 나는 것으로 사료된다. 이에 대해 파고전달을 실지형에서 관측하여 산정하면 높은 정확성을 나타낼 것으로 사료된다.
- 4) 남항진해변의 경우 측량자료를 이용한 30년 빈도 평균 침식폭은 26.6m, HaeSaBeeN을 이용하여 산정된 침식폭은 28m로 유사하게 나타나 ECL산정을 위한 30년 빈도 침식폭 산정 시 해안선측량자료가 미흡할 경우 기선별 모래축적계수를 확보하여 HaeSaBeeN을 사용하여도 적절할 것으로 사료된다.

관리해안선은 연안의 보전과 연안정비사업 시 효과적인 배치를 위한 기준해안선을 제공하는 것으로 본 연구를 통해 관리해안선의 이해와 실 해역의 적용사례로써 연안정비사업 평면배치계획 시 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2021년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구이다.(20180404 연안침식관리 및 대응기술 실용화)

References

- Dean, R.G. (1977). "Equilibrium beach profiles: U.S. Atlantic and Gulf coasts." Technical Report No. 12, Department of Civil Engineering and College of Marine Studies, University of Delaware, pp. 45.
- Dean, R.G. (1991). "Equilibrium beach profile: characteristics and applications." *Journal of Coastal Research*, Vol. 7, No. 1, pp. 53-84.
- Donghae Regional Office of Oceans and Fisheries (2010). *Numerical model experiment for design services implemented in the coastal improvement project in Namhangjin-ri, Gangneung-si* (in Korean).
- Hsu, J.R.C., Silvester, R. and Xia, Y.M. (1987). "New characteristics of equilibrium shaped bays." *Proceedings of 8th Australasian Conference on Coastal and Ocean Engineering, ASCE*, pp. 140-144.
- Hsu, J.R.C. and Evans, C. (1989). "Parabolic bay shapes and applications." *Proceedings of Institution of Civil Engineers, Part 2*, 87, London, pp. 557-570.
- Jeong, J. H., Kim, J. H. and Lee, J. L. (2021). "Analysis of wave transmission characteristics on the TTP submerged breakwater using a parabolic-type linear wave deformation model." *Journal of Ocean Engineering and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 82-90 (in Korean).
- Kim, D. H. and Lee, J. L. (2015). "Mapping of the equilibrium shoreline equation of parabolic type into polar coordinates for comprehensive application." *Proceedings of the Korea Water Resources Association Conference*, pp. 202-206 (in Korean).
- Korea Institute of Ocean Science & Technology (2016). *Monitoring manual for actual sea area for artificial reef performance evaluation* (in Korean).
- Lee, J. I. and Bae, I. R. (2020). "Experimental study for wave transmission coefficients of submerged structure : I. Permeable type structure." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers, KSCE*, Vol. 40, No. 5, pp. 485-496 (in Korean).
- Lee, J. I. and Kim, Y. I. (2020). "Experimental study on wave transmission coefficients of submerged structure: II. Rubblemound type structure armored by tetrapods." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers, KSCE*, Vol. 40, No. 5, pp. 497-507 (in Korean).
- Lee, J. I. and Cho, J. H. (2020). "Experimental study on wave transmission coefficients of submerged structure: III. Impermeable type structure." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers, KSCE*, Vol. 40, No. 5, pp. 497-507 (in Korean).
- Lee, U. H., Han, S. W. and Lee, J. L. (2020). "A layout design system of gard defense and soft defense methods for coastal erosion

- mitigation.” *Journal of Coastal Disaster Prevention, KSCDP*, Vol. 7, No. 4, pp. 243-249 (in Korean).
- Ministry of Ocean and Fisheries (2019). *National deepwater design wave height calculation report* (in Korean).
- Park, S. M., Park, S. H., Lee, J. L. and Kim, T. K. (2019). “Erosion Control Line (ECL) establishment using coastal erosion width prediction model by high wave height.” *Journal of Ocean Engineering and Technology*, Vol. 33, No. 6, pp. 526-534 (in Korean).
- Takayama, T., Nagai, K. and Sekiguchi, T. (1985). “Irregular wave experiments on wave dissipation function of submerged breakwater with wide crown.” *Proceedings of 32nd Japanese Conference on Coastal Engineering, JSCE*, Vol. 32, pp. 545-549 (in Japanese).
- The Province of Gangwon (2021). *2020year Coastal erosion survey service* (in Korean).