

## 현장관측을 통한 잠제의 파랑제어효과검토 Field Monitoring Examination on Wave Energy Dissipation Effects by Submerged Artificial Reefs

김규한\* · 신범식\*\*  
Kyu-Han Kim and Bum-shick Shin\*\*

**요지 :** 본 연구에서는 우리나라 동해안에 설치된 해안침식대책공법 중 잠제시설에 대한 현장모니터링을 수행하고 그 효용성을 확인하고자 하였다. 해안침식대책시설은 3년의 계획과 3년의 시공으로 총 6년간에 걸쳐 완공되었으며, 계획단계에 있어서의 수치모형실험결과와 관측결과 등에 대해서는 Kim et al.(2008, 2011)에 의해 소개되어 있다. 본 연구에서는 현장관측을 통해 잠제시설 설치 이후의 해빈폭 증가 현상을 확인하였고 해빈폭이 늘어난 원인을 잠제의 기본적인 성능인 파랑제어효과에 의한 것임을 알 수 있었다. 대상해역의 파랑관측은 잠제 시설 전면과 후면 즉 내해측과 외해측에서 수행하였다. 외해의 관측지점(수심  $H = 16.5\text{ m}$ )과 내측지점( $H = 3.7\text{ m}$ )에 메모리형 파고계를 설치하여 파고관측결과를 도출하고 잠제시설의 파랑저감효과는 제체(잠제시설)를 투과하는 파랑의 전달율( $K_t$ )로 분석하였다. 현장관측자료를 분석한 결과, 내습하는 파랑을 저감시켜 해안침식을 방지하기 위해 설치된 잠제의 파랑저감효과는 약 60%를 나타내고 있는 것으로 확인되었다.

**핵심용어 :** 순응적 관리, 잠제시설, 현장관측, 파랑제어, 전달율

**Abstract :** In this study, a field monitoring on Namae beach erosion countermeasure in the east coast of Korea is conducted to verify its efficiency and effectiveness. The Namae Beach project has been carried out for six years with three years for planning and three years for actual construction. The planning phase of numerical model tests and investigations had been reported by Kim et al. (2008, 2011). The field monitoring confirms increase in the beach width after the submerged artificial reefs construction and is due to its wave energy dissipation effects. The field monitoring is performed at the seaward and landward of the countermeasures. The wave height reduction from the seaward side (depth  $h = 10.5\text{ m}$ ) to the landward side ( $h = 3.7\text{ m}$ ) of the reef is measured for wave transmission coefficient ( $K_t$ ) analysis. The analysis shows 60% of deduction in wave energy due to the submerged artificial reefs.

**Keywords :** Adaptive management, Submerged Breakwater, Field monitoring, Wave energy dissipation , Transmission coefficient

### 1. 서 론

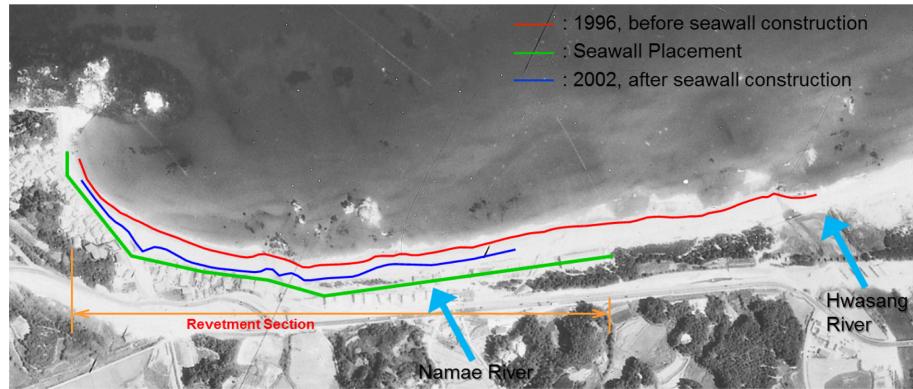
해안도로의 건설은 해안침식을 유발시키는 다양한 원인 중에서도 가장 치명적인 영향을 미치는 요소 중의 하나라 할 수 있다. 해안도로를 건설할 경우에는 중규모의 도로를 건설한다고 하더라도 최소한 15 m 이상의 백사장을 잠식하게 되고 추가로 해안도로 전면의 월파저감시설 등 까지 설치될 경우에는 도로 폭의 두 배 이상의 백사장 폭이 줄어들게 된다고 할 수 있다. 그러나, 해안도로 설치 시점에서는 이 정도의 직접적인 영향이 나타나지만 해안도로가 설치된 이후에는 해안도로에 너울성 고파랑이 내습할 경우 호안전면에서 발생하는 반사파 등의 영향으로 국소세균과 침식의 복잡한 현상이 발생하여 대규모 해안침식으로 발달할 가능성이 커진다. 최근 우리나라에는

해안관광의 수요가 급증함에 따라 해안에 거주하는 지역주민과 지자체의 요청으로 해안도로의 개설이 진행되고 있다. 특히 고파랑의 내습이 빈번한 동해안과 남해안에서는 특히 해안도로에 의한 해안침식의 확산이 두드러지게 나타나고 있다. 강원도 양양에 위치한 남해리 해안도 해안도로와 주차장 건설 이후 해안도로 호안 전면에 심각한 침식현상이 유발되었다.

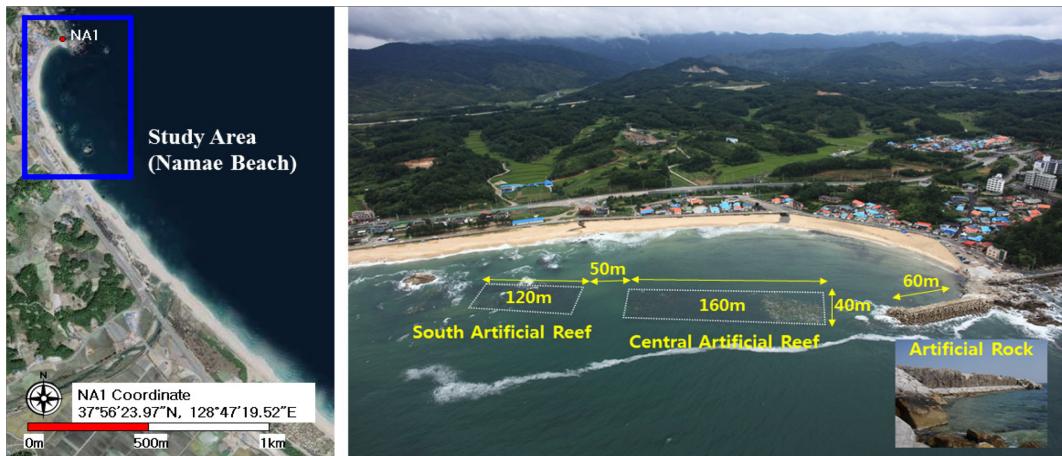
이러한 침식현상은 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 백사장의 폭을 상당부분 줄여들게 만들었으며 고파랑 내습 시에 호안 배후의 도로 및 가옥에 빈번한 피해를 유발시키게 되어 시급한 대책이 요구되기에 이르렀다. 이에 대한 대책으로 2006년 해안침식방지시설이 계획되어 시공되었다. 해안침식대책시설은 3년의 계획과 3년의 시공으로 총 6년간에 걸쳐 완공되었으며, 계획단계에 있어서의 수치모형실험결과와 현장관측결과 등에 대

\*관동대학교 토폭공학과 교수(Department of Civil Engineering, Kwandong University, Gangneung 210-701, Korea)

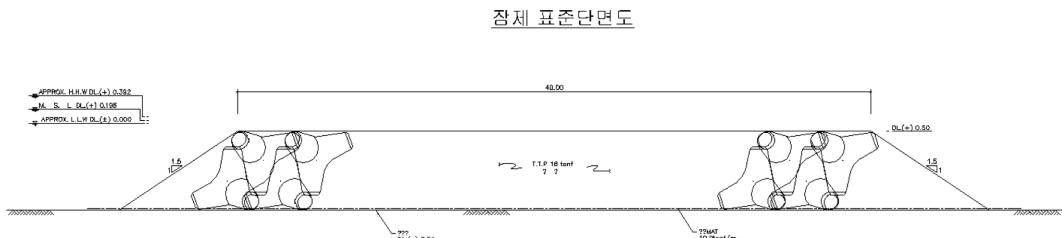
\*\*관동대학교 연구교수(Corresponding author: Shin Bum-Shick, Waterfront and Coastal Research Center, Kwandong University, Gangneung 210-701, Korea, Tel.:+82-33-643-3436, Fax:+82-33-647-3436, sbs114@kd.ac.kr)



**Fig. 1.** Variation of sandy beach width on study area(Kim et al., 2011).



**Fig. 2.** Landscape of study area(Kim et al., 2009, 2011).



**Fig. 3.** Standard Cross-Section Diagram of Artificial Reef(Yangyang-Gun, 2006).

해서는 Kim et al.(2009, 2011)에 의해 소개되어 있다.

대상해역의 해안침식을 저감시키기 위해서는 해안에 미치는 파랑에너지를 일차적으로 감소시키고 연안류에 의한 해안침식 현상을 제어하기 위한 잠제를 구성하였으며, 대상해안의 북측에서 침입하는 파랑으로 인해 발달되는 연안류를 보다 효과적으로 제어하기 위하여 북측해안의 암반구간에는 돌제를 계획하였다. 해안침식 방지대책을 위한 평면계획안은 Fig. 2에 나타내었으며, 금회 대상으로 하는 잠제는 Fig. 3와 같이 폭 40 m로 계획되었으며, 중앙잠제는 160 m, 남측잠제는 120 m로 각각 설치되었다.

해안침식방지시설로써의 잠제의 파랑에너지 변화특성과 전달율에 대해서는 VOF법에 기초한 2차원 수치파동수로를 적용하여 투과성잠제 배후에서 파랑에너지 변화특성과 전달율에 대하여 수치적으로 검토(Kim et al., 2003; 2004)한 사례가 있으며, 현장관측을 통해서 그 효과를 연구한 사례는 찾아보기

힘들다. 따라서 해안침식 방지대책 수립과 시공에 따른 환경 변화에 대응하기 위한 순응적 관리를 위해서는 해안침식대책 시설의 시공 전, 후에 현장모니터링을 수행할 필요가 있다. 이러한 모니터링을 통해서 대책시설의 효과를 검증하고 문제점이 발견될 경우 바로 그에 대한 대책을 강구하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 대책공법으로 사용된 잠제시설에 대한 현장모니터링을 수행하고 그 효용성을 확인하고자 하였다.

## 2. 기존자료 검토

대상해역 주변에 대한 파랑조사 자료 중 2004년과 2006년의 자료는 기 수행된 연구보고서의 자료(Yangyang-gun, 2006)를 참조하였으며, 2007년 및 2011년에 조사된 자료에 대해 원 데이터를 확보할 수 있었다. 기존의 파랑조사 자료 중 수심

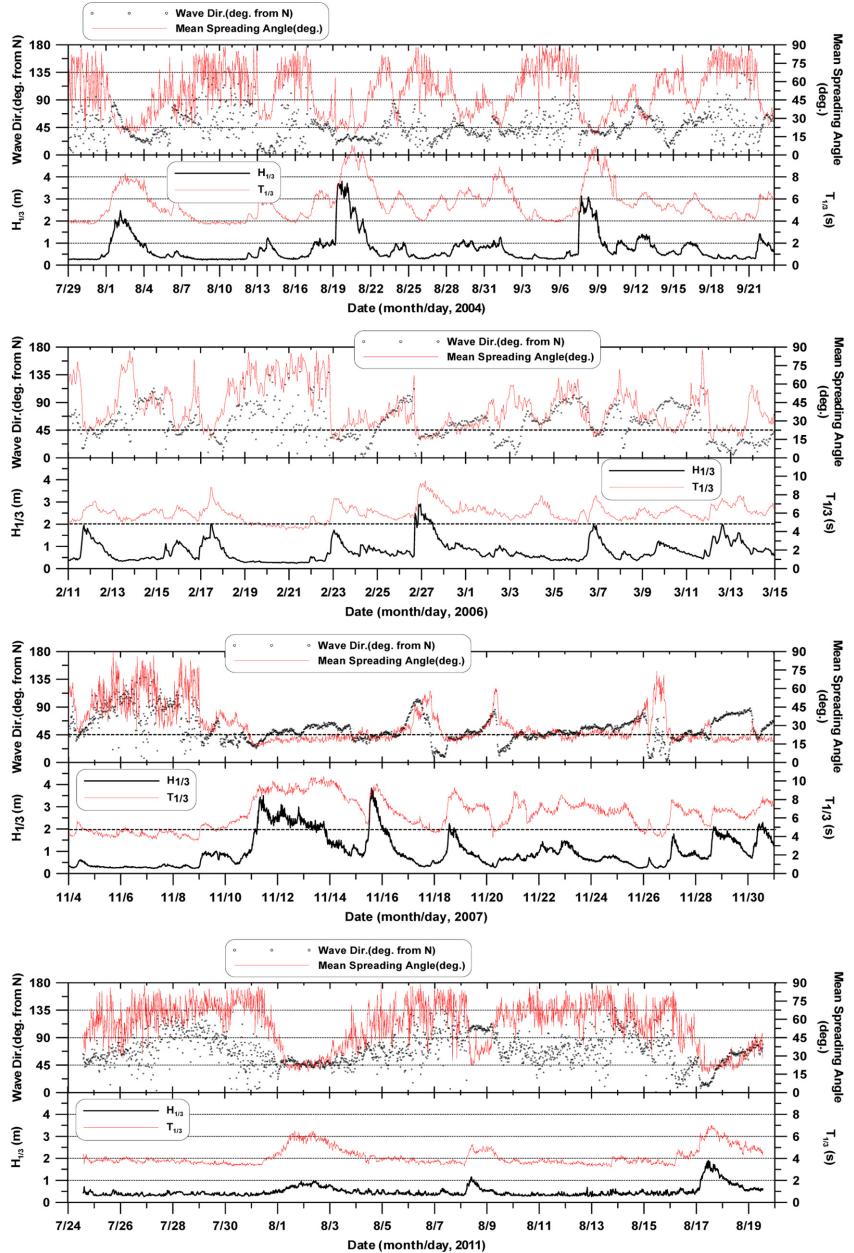


Fig. 4. Time-series of observed wave data.

16 m 근방의 잠재의 외해에서 수행된 파랑관측결과를 정리하면 Fig. 4에 나타내는 바와 같다. 관측결과는 파고, 주기 및 파향의 시계열 분포로 정리하여 나타내었다.

4년간 조사된 기준의 관측 자료를 이용하여 해당지역의 파고와 주기의 관계를 비교하여 보았다. 관측 자료는 관측이 수행된 지점은 일치하지만 시기는 반드시 일치한다고 볼 수 없으나, 대상 천해역의 파고 및 주기의 상관관계를 확인하기 위해 Fig. 5에 조사된 자료를 유의파고와 유의주기의 관계로 도시화하였다. 유의파고 2 m 이상의 파랑에서 9초에서 11초까지의 다양한 파랑이 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 즉, 유의파고 2 m에 대한 일반적인 주기계급( $T = 3.86\sqrt{H}$ )보다 주기가 긴 파랑이 출현됨을 확인할 수 있었으며, 해안침식에 있어서는 2 m 이상의 파랑이 영향을 미치며 주기가 길수록 백사장

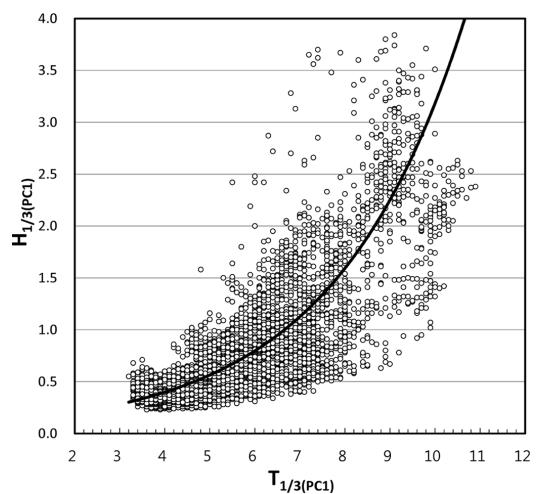


Fig. 5. Analysis of correlation Pattern of the wave data (2004~2011).

안쪽까지 run up<sup>o</sup> 발생하여 해안도로 전면에서의 반사파를 유발시켜 국소세균과 침식을 발생시킬 가능성이 크다고 할 수 있다(Mark et al., 2013). 특히 2.3 m에서 2.8 m 사이의 파고에서 주기가 긴 파랑이 가장 많이 출현하는 것을 확인할 수 있었다.

### 3. 파랑관측

파랑에 의한 흐름 및 표사이동 특성을 분석하기 위한 기초 자료를 얻고, 현재 시공되어 있는 잠제의 파랑저감효과를 파악하기 위해 대상 해안의 전면해역에서 2개소(잠제 전면 및 후면)에서 각각 파랑관측을 수행하였다. 파랑관측을 위해 수심 16.5 m에 설치한 초음파식 파고계 설치지점(PC-1지점)과 수심 3.7 m에 설치한 수압식파고계 설치지점(PC-2지점)을 Fig. 6에 나타내었다. PC-1의 경우, 잠제로부터 약 800 m 이격된 위치에서 설치되었으나, 대상해역에 대한 파랑변형수치모델을 적용한 결과, 수심이 비교적 완만하고, 잠제 전면의 구조물이 위치하고 있지 않기 때문에 파랑의 저감을 비교할 수 있는 입사파랑 위치라고 판단되며, 관측결과에서 파랑방향성(Mean Spreading Angle)으로 자료의 이용성을 검토하였다.

천해역의 파랑관측을 위한 현장 파랑조사 방법으로는 초음파식 파고계, 용량식 파고계, 수압식 유황유속 파고계 등의 파

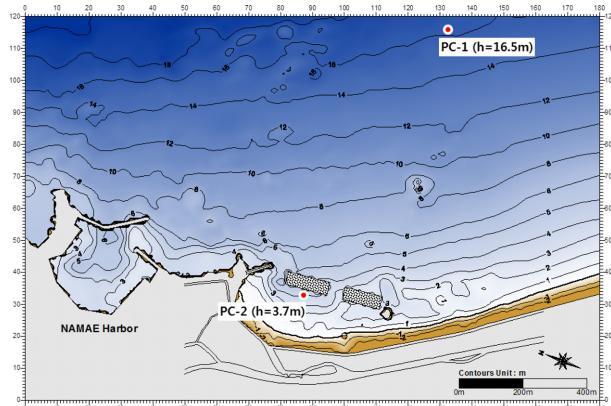


Fig. 6. Wave data observation points on study area.

Table 1. Obscration points and instruments

	Observation points	Observation period and interval	Characteristics of wave gauge
PC-1 Wave Hunter-Σ	37° 56' 31" 128° 48' 07" (water depth 16.5 m)	2011. 7. 24 ~ 8. 19 (0.5 sec)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultrasonic type</li> <li>• wave direction</li> <li>• 0 to 7 kg/cm<sup>2</sup></li> <li>• precision ±0.5 %/FS</li> <li>• resolution 1 g/cm<sup>2</sup></li> </ul> 
PC-2 Wave Hunter-301	37° 56' 16" 128° 48' 20" (water depth 3.7 m)	2011. 7. 24 ~ 8. 19 (0.5 sec)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pressure type</li> <li>• wave direction</li> <li>• 0 to 5 kg/cm<sup>2</sup></li> <li>• precision ±0.5 %/FS</li> <li>• resolution 1 g/cm<sup>2</sup></li> </ul> 

고계를 이용하는 방법과 비디오 촬영에 의한 VTR Wave법이 있다. 본 연구에서는 대상해안 전면해역에 Fig. 6에서 표시한 2개지점에서의 내습파랑 특성을 파악하기 위하여 26일간의 해황자료를 메모리형 수압식 파고계 Wave Hunter-301과 초음파식 파고계 Wave Hunter Σ를 이용하여 측정하였다.

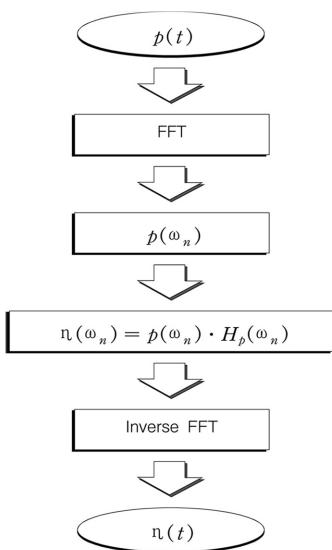
파랑조사에 사용된 파랑조사기기의 제원은 Table 1에 나타내었으며, 일본 I.O Tech사의 Wave Hunter-301은 수압식이며, Wave Hunter Σ는 초음파식으로 파고파향 및 유속유향을 동시에 계측할 수 있는 것이 특징이다. 관측시간 간격은 data의 신뢰성을 고려하여 매 0.5초 간격으로 관측기록을 저장하도록 설정하여 조사를 수행하였다.

수압식 유향유속파고계를 사용하면 파의 에너지에 따른 수압변동자료를 얻게 되며, 그 외의 나머지 방법에서는 해수면의 변동을 직접 측정하기 때문에 직접 수위변동자료를 얻을 수 있다. 따라서 수압식 파고계를 이용하는 경우, 시계열 수위변동 과형을 구하기 위하여 수압변동자료를 수위변동자료로 변환시키는 작업이 필요하다.

본 조사에서는 수압식 파고계를 사용하였으므로 얻어진 수압자료를 수위자료로 변환시킬 필요가 있다. 따라서 수압식 파고계로부터 측정된 압력변동자료를 수면변동자료로 변환하였다.

현장관측으로부터 구한 압력파형의 시계열로부터 어떻게 파수  $k$ 를 구하고 선형응답함수를 응용하여 수위를 추정하는 방법이 중요한 문제라 할 수 있다. 이러한 방법으로 제안된 기법에는 여러가지가 존재하지만 본 관측성과의 자료해석에는 그 중 Fourier 변환에 의해 수압자료를 주파수 영역으로 바꾼 다음 응답함수를 적용하는 FFT법을 사용하였다. 수위변동의 시계열은 역 고속 Fourier 변환(Inverse FFT)을 통해 구해질 수 있다. 불규칙한 해양의 풍파를 표현하는 가장 일반적인 방법은 파별해석(wave by wave analysis method)에 의한 대표파법이라 할 수 있다. 이 방법은 먼저 개개의 파랑을 정의하고, 그 개개의 파랑을 갖는 파고, 주기 등에 대한 통계치로서 전체 불규칙파를 대표할 파고, 주기를 결정하는 것이다. 이 파별해석에서 사용하는 개개의 파랑을 정의하는 방법으로는 파봉에서 파봉까지를 1개

파로 정의하는 crest to crest 법, 평균수면을 상승하면서 만나는 점에서부터 다음의 상승교점까지로 정의하는 zero-up cross 법 등을 많이 사용하고 있다. 본 연구에서는 시계열 수면변동자료에 대해 타 해석방법보다 비교적 사용빈도가 높은 zero-up crossing 법을 적용하여 과별해석을 실시하였다.



$p(t)$  : Time series of wave Pressure

$p(\omega_n)$  : Wave Pressure on frequency range

$n(\omega_n)$  : Water Surface on frequency range

$n(t)$  : Time series of Water Surface

$H_p(\omega_n)$  : Wave Pressure Response Function

Fig. 7. Data Transformation flow.

#### 4. 파랑관측결과

PC-1(잠재외측)와 PC-2(잠재내측) 정점에서 동일한 관측기 관 중 계측된 파고계의 기록으로부터 전술한 자료해석방법을 이용하여 수위변동자료로 비교분석하였다. 과별해석법을 통

Table 2. Table of wave data with significant wave height and wave direction (PC-1)

Directions	Heights(m)				Total	Freq. (%)
	~0.5 m	0.5 m ~1.0 m	1.0 m ~2.0 m	2.0 m ~3.0 m		
N	25	3	5	-	33	1.85%
NNE	48	17	35	-	100	5.60%
NE	241	193	31	-	465	26.02%
ENE	422	135	2	-	559	31.28%
E	306	36	1	-	343	19.19%
ESE	151	58	5	-	214	11.98%
SE	30	4	-	-	34	1.90%
SSE	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	-
WSW	-	-	-	-	-	-
W	-	-	-	-	-	-
WNW	-	-	-	-	-	-
NW	14	1	-	-	15	0.84%
NNW	22	2	-	-	24	1.34%
Total	1,259	449	79	-	1,787	100.00%
Freq.(%)	70.45%	25.13%	4.42%	-	100.00%	-

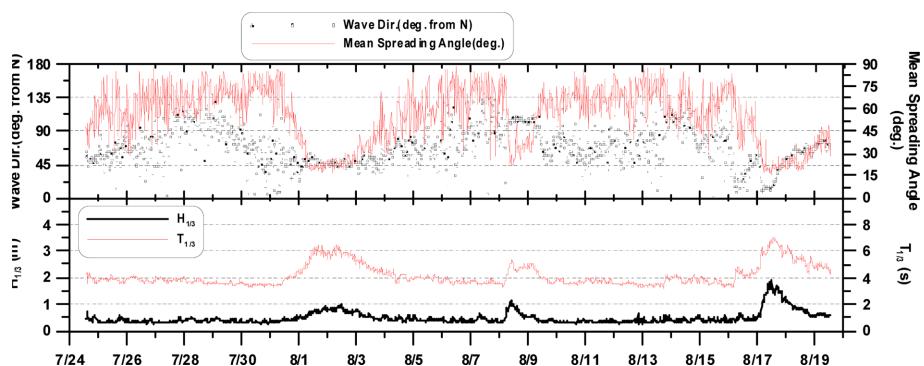


Fig. 8. Time-series of wave data (PC-1).

Table 3. Table of wave data with significant wave height and wave period (PC-1)

Heights(m)	Period(sec)									Total	Freq. (%)
	~3.0	3.0 ~4.0	4.0 ~5.0	5.0 ~6.0	6.0 ~7.0	7.0 ~8.0	8.0 ~12.0	12.0 ~			
~0.5	-	1,075	181	2	-	-	-	1	1,259	70.45%	
0.5~1.0	-	61	200	159	28	-	-	1	449	25.13%	
1.0~2.0	-	-	5	30	43	-	-	1	79	4.42%	
2.0~3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	-	1,136	386	191	71	-	-	3	1,787	100.00%	
Freq.(%)	-	63.57%	21.60%	10.69%	3.97%	-	-	0.17%	100.00%	-	

해 아래와 같은 일반적인 대표파의 파랑특성계수를 구하였으며, 관측성과를 각 측점별로 정리하여 유의파고( $H_{1/3}$ ) 및 유의파고 주기( $T_{1/3}$ ), 파향에 대한 시계열로 나타내었다. 아울러 관측기간 중 유의파고에 대한 파고계급별 파향별 출현율을 정리하였다. PC-1과 PC-2의 파랑자료는 잠제 전면과 배후에 설

**Table 4.** Table of wave data with significant wave height and wave direction (PC-2)

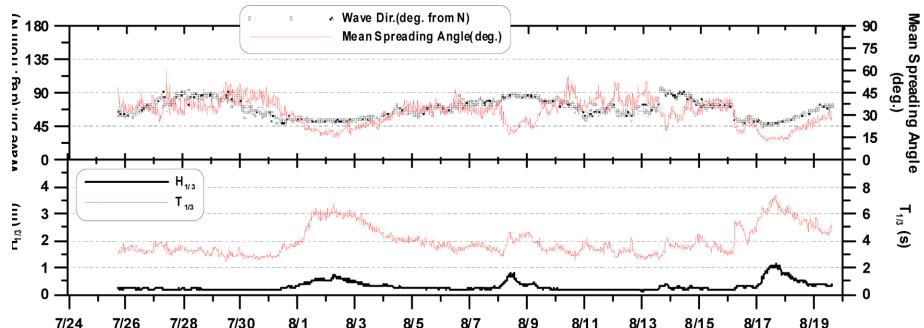
Directions \ Heights(m)	~0.5m	0.5m ~1.0m	1.0m ~2.0m	2.0m ~3.0m	Total	Freq. (%)
N	-	-	-	-	-	-
NNE	-	-	-	-	-	-
NE	195	148	22	-	364	20.37%
ENE	954	13	-	-	967	54.11%
E	427	29	-	-	456	25.52%
ESE	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-
SSE	-	-	-	-	-	-
S	-	-	-	-	-	-
SSW	-	-	-	-	-	-
SW	-	-	-	-	-	-
WSW	-	-	-	-	-	-
W	-	-	-	-	-	-
WNW	-	-	-	-	-	-
NW	-	-	-	-	-	-
NNW	-	-	-	-	-	-
Total	1,575	190	22	-	1,787	100%
Freq.(%)	88.14%	10.63%	1.23%	-	100%	

치된 파고계로부터 얻어진 자료이므로 이를 통해서 현재 시공되어진 잠제의 파랑저감 효과를 분석하여 정리하였다. 잠제 외해 측에 설치된 PC-1에서 계측된 파랑은 NE, ENE, E, ESE 방향의 파랑이 약 88.47%를 차지하는 것으로 분석되었다. 방향별 출현율은 ENE 방향이 31.28%로 가장 높았고, 파고가 1.0 m를 초과하는 이상파랑 내습시에는 NNE, NE 방향의 파랑이 가장 높은 빈도로 출현하였다. 현재 시공되어 있는 잠제 배후에서의 파랑특성을 조사하기 위해 설치한 PC-2 지점에서의 파랑은 NE, ENE, E방향에서만 출현한 것으로 조사되었다. 아울러, 방향별 출현율은 ENE 방향이 54.11%로 가장 높았고, 파고가 1.0 m를 초과하는 이상파랑 내습시에는 NE 방향에서만 나타나고 있다. 따라서 이러한 결과로 미루어 볼 때, 관측 당시 대상 해역에서는 NE, ENE 방향의 파랑이 가장 탁월하게 내습한 것으로 나타났으며, NE파향의 파랑이 해빈변화에 가장 탁월한 영향을 미칠 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

#### 4.2 잠제전후의 파랑변형

조사기간 중 잠제 외측(PC-1)과 내측(PC-2)에서 조사된 자료를 Fig. 10에 시간별로 도시화하였으며, 파랑저감 효과는 전달율( $K_t$ )을 이용하여 비교 분석하였다. Fig. 11에 나타낸 바와 같이 외해로부터 대상해역으로 내습하는 파랑은 잠제 전후의 파랑자료인 PC-1과 PC-2의 데이터를 통해 상호간의 상관관계를 도출할 수 있다.

내습하는 파랑을 저감시켜 해안침식을 방지하기 위해 설치된 잠제의 파랑저감 효과는 외해파랑(PC-1)에 대한 내습파랑(PC-2)의 변화로 나타내면 Fig. 10에서 붉은 색 실선으로 표시되는 시계열 자료를 통해서도 유추할 수 있듯이 40%에서



**Fig. 9.** Time-series of wave data (PC-2).

**Table 5.** Table of wave data with significant wave geight and wave period (PC-2)

Period(sec)	~3.0	3.0 ~4.0	4.0 ~5.0	5.0 ~6.0	6.0 ~7.0	7.0 ~8.0	8.0 ~12.0	12.0 ~	Total	Freq. (%)	
Heights(m)	~0.5	278	911	247	133	4	-	-	2	1,575	88.14%
0.5~1.0	-	13	16	78	81	1	-	-	1	190	10.63%
1.0~2.0	-	-	-	-	16	6	-	-	22	1.23%	
2.0~3.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Total	278	924	263	211	101	7	-	3	1,787	100.00%	
Freq.(%)	15.56%	51.71%	14.72%	11.81%	5.65%	0.39%	-	0.17%	100.00%		

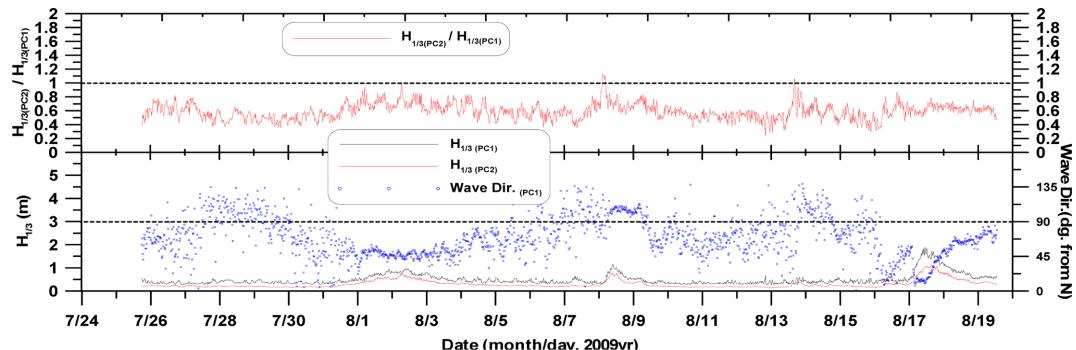


Fig. 9. Time series wave data comparison between PC-1 and PC-2.

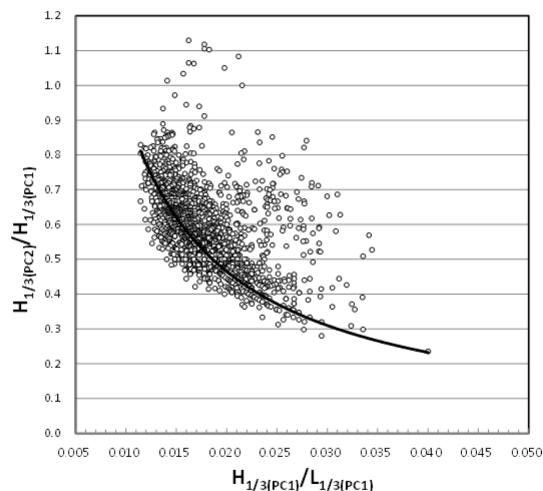


Fig. 11. Correlation diagram between PC-1 and PC-2.

60% 범위 내에 주로 존재하고, 내습하는 파랑의 주기분포에 대한 파랑의 저감율을 정량적으로 분석하면, 유의주기 4.0초 이하에서는 약 60%, 4.0~5.0초에서는 약 45%, 5.0~6.0초에서는 약 43%이며, 6.0초 이상에서는 약 42%의 파랑을 저감하고 있는 것으로 확인되었다.

## 5. 결 론

순응적 관리를 위한 현장모니터링은 해안침식대책시설의 시공 전, 후에 대책시설의 효과를 확인하고 효용성에 문제가 발생할 경우 그에 대한 대응책을 즉시 수립한다는 측면에서 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 우리나라 동해안의 남애리 해안에 설치된 해안침식 대책공법 중 잠제구조물의 효용성을 확인하기 위하여 파랑저감 효과에 대한 현장모니터링을 수행하였다. 대상해역의 파랑관측은 인공리프 전면과 후면에서 수행되었으며, 잠제 구조물 외해 측 관측지점(수심  $h = 16.5\text{ m}$ )과 내해 측 지점(수심  $h = 3.7\text{ m}$ )에 메모리 타입의 수압식 및 초음파식 파고계를 설치하여 연속파랑관측으로 수행되었다. 인공리프의 파랑저감 효과는 제체를 투과하는 파랑의 전달율( $K_t$ )로 비교 분석하고자 하였으며, 비교분석을 통해 해빈 전면에 위치한 잠제구조물의 파랑저감 효과를 외해파랑(PC-1)에 대한 잠제 배후의 파랑(PC-2)의 변화로 나타내면 잠

제구조물은 파랑에너지의 약 60%를 저감시키고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 잠제 구조물의 파랑저감 효과는 실험실에서 수행되는 수리모형실험을 통해서만 계측되어 그 구조물의 효용성을 나타내주곤 하였으나 다양한 파고와 주기 특성을 지니고 내습하는 파랑에 대한 잠제 외해지점 및 내측 지점에서의 연속 파랑자료의 시계열 분포는 향후 실제 해역에서의 잠제구조물 효과를 예측하는 중요한 자료로서 활용될 수 있을 것이다. 향후 파향 변화에 대한 데이터분석을 추가적으로 시도하고 동계의 파향변화에 대한 자료를 추가한 결과분석을 제시할 필요가 있을 것으로 사료된다.

## 감사의 글

본 연구의 자료 분석은 해양수산부 소관 해양에너지전문인력양성사업(2013), 한국건설교통기술평가원이 시행하는 2012년도 지역기술혁신사업(12지역기술혁신B01) 및 지역혁신센터의 지원을 받아 수행된 연구결과임을 밝히고 이에 사의를 표합니다.

## 참고문헌

- Do Sam Kim, Kwang Ho Lee, Hyun Sang Yoo, Chang Hoon Kim and Byoung Kyu Son(2004). A Study of the Wave Control Characteristics of the Permeable Submerged Breakwater using VOF Method in Irregular Wave Fields. Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers(KSCOE). 16(3), 602-610(in Korean)
- Widayati, A. Y. W., Kim, K. H., Han, J. M. and Pyun, C. K.(2009), Monitoring of the post-construction coastal Management in Namae beach, Proceeding of International Society of Offshore and Polar Engineers, pp.1216-1221
- Kim, Do Sam, Hur, Dong Soo, Lee, Kwang Ho, Yoo and Hyun Sang(2003) The Distribution of wave energy behind Permeable Submerged Breakwater. Proceeding of Annual Conference on Korea Society of Civil Engineers. 4907-4914(in Korean)
- Kim, K. H., Widayati1, A. Y. W., Yoon, S. J.(2009). Comprehensive approach for beach erosion mitigation in Korea, 31<sup>st</sup> International Conference on Coastal Engineering,

pp.4687-4698

Kim, K. H., Yoo, H. S., Kobayashi, N.(2011). Mitigation of Beach Erosion after Coastal Road Construction, Journal of Coastal Research, Vol. 27, No. 4, pp.645-651

Kyu Han Kim, Hyung Seok Yoo and Eui Jin Joung(2008).

Disaster Overall Prevention System for Beach Erosion and its Applications. Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers(KSCOE). 20(6), 602-610(in Korean)

Mark A. Davidson, Ian L. Turner, Kristen D. Splinter.(2013). Predicting shoreline response to cross-shore processes in a changing wave climate, Coastal Dynamics 2013 pp.431-442

Yangyang-Gun(2006), The Basic and Design Development Report of countermeasures on coastal erosion prevention in Namae and Jungam(in Korean)

---

원고접수일: 2013년 12월 12일

수정본채택: 2014년 1월 3일(1차)

2014년 1월 17일(2차)

게재확정일: 2014년 2월 10일