

충의휴양소 전면 해수욕장의 파랑 및 해빈류에 관한 연구

장병상^{1*}, 배성규²

¹서울시립대학교 대학원 토목공학과, ²대한항공(주) 환경건설관리부

The Study of Wave, Wave-Induced Current in CHUNG-UI Beach

Pyong-Sang Chang^{1*}, Sung-Gyu Bae²

¹Department of Civil Engineering, University of Seoul

²Department of Environment & Construction Management, Korean Air Co. Ltd, Seoul, Korea

요약 본 연구에서는 인천광역시 중구 을왕동 충의휴양소 전면 해역에서의 과거 침식이력 및 현황을 세밀히 조사하고 해안선 침식원인을 찾기 위해 파랑 및 해빈류 등을 조사하여 분석 하였다. 관측결과 유의파고($H_{1/3}$)는 0.07~1.57 m의 범위로 나타났고, 평균값은 0.21 m로 나타났다. 또한 최대파고(H_{max})는 0.02~4.76m 범위로 나타났고, 평균값은 0.27 m로 나타났다. 파랑변형 수치모형실험을 통해 범선파고 및 주기를 산정하였고, 50년 빈도 설계파고는 0.82 m~3.75 m의 범위를 나타내었다. 해빈류 실험 결과 이안제 및 도류제 설치 이후 충의 휴양소 해안 부근의 해빈류가 감소하는 경향을 나타냈다. 반면, 마루높이를 5 m까지 높였을 경우에는 큰 변화가 없었지만 8m로 높이면 낮아진 수심의 영향으로 강한 해빈류가 수중방파제 주변에 발생하였다. 또한, 충의휴양소의 주된 침식원인은 외해로부터 입사하는 파랑특성이 백사장 전면에서 집중적으로 내습하기 때문이다. 백사장 전면으로 집중되는 파의 변형으로 백사장과 평행하게 흐르는 연안류와 횡단방향으로의 이안류를 추가적으로 유발시킴으로써 연안표사가 전면외해로 이동/유출하기 때문으로 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 백사장 원상복구 및 효율적인 침식방지시설 선정의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract In this study, the past erosion history and current status in the CHUNG-UI beach of Eulwang-dong, Jung-gu, Incheon-Si, South Korea were investigated and analyzed the wave with wave-induced current to investigate the causes of coastal erosion. As a result, the significant wave height ($H_{1/3}$) was in the range of 0.07~1.57 m and the mean value was 0.21 m. The maximum wave height (H_{max}) was in the range of 0.02~4.76m and the mean value was 0.27m. The vertical wave height and cycles were estimated through numerical model experiments of wave transformation. The 50-year frequency design wave height ranged from 0.82m to 3.75m. As a result of the experiment of wave-induced current, wave-induced current in the CHUNG-UI beach was decreased after the installation of the Detached breakwater and the Jetty. On the other hand, when the crest elevation was increased up to 5 m, there was no significant change, but when the crest elevation was increased to 8m, strong wave-induced current occurred around the submerged breakwaters due to lowered depth of water. In addition, the main erosion of the CHUNG-UI beach is due to the intensive invasion of the wave characteristics coming from the outer sea into the white sandy beach. The deformation of the wave centered on the front of the sandy beach caused additional longshore currents flowing parallel to the sandy beach and rip currents in the transverse direction, thus confirming that the longshore sediment was moved out of the front and out of the sea. The results of this study can be used as preliminary data for the recovery of the sand and the selection of efficient erosion prevention facilities.

Keywords : Erosion, Wave, Wave-Induced Current, Significant Wave, Jetty, Submerged Breakwaters, Rip Current

*Corresponding Author : Pyong-Sang Chang(University of Seoul.)

Tel: +82-10-7113-9601 email: bsjang12@gmail.com

Received March 6, 2019

Revised April 4, 2019

Accepted June 7, 2019

Published June 30, 2019

1. 서론

최근 방파제 구조물 설치에 따른 조류 및 파랑의 영향으로 인천광역시 중구 을왕동 충의 휴양소 전면 해수욕장에 침식 및 퇴적이 빈번하게 발생하고 있다. 해안선 침식 및 퇴적의 원인을 찾기 위한 기존의 연구를 살펴보면, Shin 등[1]은 복합3차원 해빈변형 모델을 구축하여 대규모 인공섬 건설에 의한 해빈변형문제를 확인 하였으며, 수치 실험을 통한 현지 적용성을 확인하였다. Lee 등[2]은 표사의 이동경로 특성을 파악하기 위해 방사성 모래 추적자 실험을 시행하였고, 표사가 해안방향으로 이동한 후 해안선을 따라 확산되는 패턴을 확인 하였다. Jang[3]은 해양구조물 설계를 위해 50년 빈도 설계파 내습시 매립과 방파제 설치에 따른 파랑변형 수치실험을 수행하였으며, 입사파랑이 바닥에 의한 에너지 감쇠와 쇄파 작용으로 파고의 점진적 감소를 확인 하였다. Umeyama[4]는 수리모형 실험을 통하여 파랑-흐름의 상호작용과 난류구조의 관계를 분석하였으며, 파형의 패턴은 상호작용에 의해 달라지지만, 표면파의 감쇠에 최소한으로 영향을 받는다는 것을 확인하였다. 그러나 이러한 연구 중에는 파랑 및 해빈류를 이용한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 해안의 침식과 퇴적을 분석하기 위해 50년 빈도 심해설계파랑실험과 해빈류 실험을 수행하여 충의휴양소 해안의 침식 및 퇴적특성을 파악하고 침식-방지대책안의 효율성을 검토하였다. 수치실험의 입력조건들은 금회 해양조사와 기존자료조사를 통해 도출하였으며 해양조사 결과와 수치모형실험 결과를 검토하여 충의휴양소 해안의 해황 및 해안특성을 검증하고 예측하였다. 파랑변형실험은 충의휴양소 계획 구조물의 설계외력으로 작용하는 설계파를 산정하기 위하여 충의휴양소 해안에 영향을 미치는 50년 빈도 심해설계파랑을 대상으로 광역과 상세역 실험을 연계하여 계획구조물 설계파를 산정하였다. 장기적인 해안선 변동 실험은 1년 주기의 파랑특성을 계절별로 구분하고 계절별 파랑내습에 의한 장기적인 해안선 변형특성을 파악하기 위해 계절별 평상파랑실험, 해안선변형실험을 연계하여 수행하였다. 충의휴양소 해안에 이상파랑 내습시 해저지형이 변화될 수 있는 단기적 지형변동을 파악하기 위해 해빈류 실험을 수행하였다.

2. 해양 조사내용 및 방법

충의휴양소 전면해역에서의 파랑 및 해빈류 등을 2회 조사/분석 하였다.

Table 1. Investigation contents

Item	Item	Contents	Remarks
Ocean physics survey	Wave	1 Place × 30 day × 2 times(Winter-Summer season)	
	Wave-induced current	4 Place × 2 times (Winter-Summer season)	

Fig. 1은 파랑 및 해빈류 관측위치를 나타낸 것이며, 충의휴양소 전면해역의 파랑 특성을 파악하기 위하여 1개 정점(W-1)에서 초음파식 파랑·파고계인 AWAC을 저층에 설치하여 2017년 11월 5일~12월 4일과 2018년 6월 3일~7월 2일에 걸쳐 각각 30일간 파랑 관측을 수행하였다. 관측방법은 해저면에 초음파식 파고계(AWAC)를 설치하고 시간당 10분 동안 1,200개의 자료를 획득하도록 하였으며, 각 burst에 2Hz 간격으로 측정 되도록 하였다. 파랑자료는 스펙트럼 분석법으로 후처리하여 파고와 주기의 분포특성을 분석하였다. 스펙트럼 분석법은 불규칙한 실제의 파랑이 무수히 많은 규칙파 성분의 선형적인 합성이라 가정하고 FFT(Fast Fourier Transform) 변환을 하여 에너지 스펙트럼을 추정하고, 각 성분파의 진폭의 제곱을 주파수의 함수로 산출하는 것이다. 해안의 표면 수립자 이동경로를 파악하기 위하여 4개 정점에서 해빈류 관측을 수행하였다.

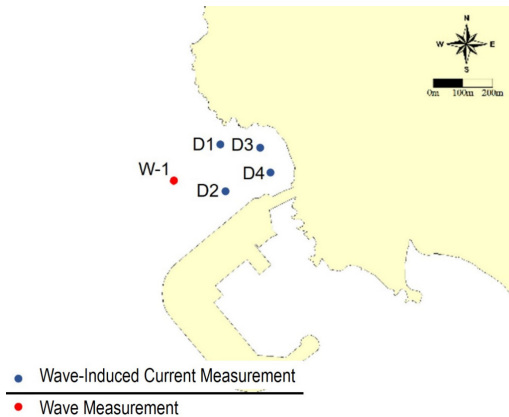


Fig. 1. Position Map of Wave Gauge and Wave-Induced Current

3. 해양 조사결과 및 분석

3.1 파랑관측 결과 및 분석

유의파고($H_{1/3}$)는 0.07 ~ 1.57m의 범위로 나타났고, 평균값은 0.21m로 나타났다. 또한 최대파고(H_{max})는 0.02-4.76m 범위로 나타났고, 평균값은 0.27m로 나타났다. 유의파주기($T_{1/3}$)는 1.99-6.24sec의 범위로 나타났고 평균값은 2.69sec이며, 최고파주기(T_{max})는 1.00~7.50sec의 범위로 나타났고 평균값은 3.25sec이다.

Table 2. Average and Maximum·Minimum values of Wave property coefficients

Item	$H_{1/3}$	$H_{1/10}$	H_m	H_{max}	$T_{1/3}$	$T_{1/10}$	T_m	T_{max}
	(m)				(sec)			
Max	1.57	2.05	0.97	4.76	6.24	6.48	4.76	7.50
Min	0.07	0.01	0.05	0.02	1.99	1.94	1.65	1.00
Avg	0.21	0.24	0.14	0.27	2.69	3.43	1.76	3.25

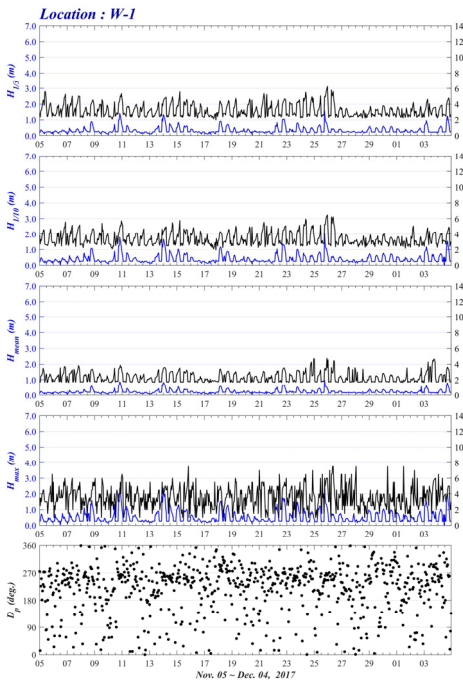


Fig. 2. Time variation of observation wave

Fig. 3 ~ Fig. 6은 파향별 유의파고($H_{1/3}$), 최대파고($H_{1/10}$), 평균파고(H_{mean}), 최고파고(H_{max})의 파랑 장미도를 나타내고 있다. 각각의 유의파고($H_{1/3}$), 최대파고($H_{1/10}$), 평균파고(H_{mean}), 최고파고(H_{max})의 파향별 파고 출현율은 SW-WNW 방향에서 출현하였다. 유의파고

($H_{1/3}$)의 파향별 파고 출현율은 WSW 파향이 19.5%로 가장 우세하게 나타났고, W 파향은 14.8%, SW 파향과 WNW 파향은 10.4%로 나타났다. 최대파고($H_{1/10}$)의 파향별 파고 출현율은 WSW 파향이 19.6%로 가장 우세하게 나타났고, W 파향은 14.8%, SW 파향과 WNW 파향은 10.4%로 나타났다. 평균파고(H_{mean})의 파향별 파고 출현율은 WSW 파향이 19.5%로 가장 우세하게 나타났고, W 파향은 14.7%, SW 파향과 WNW 파향은 각각 10.4%, 10.5%로 나타났다. 최고파고(H_{max})의 파향별 파고 출현율은 WSW 파향이 19.9%로 가장 우세하게 나타났고, W 파향은 14.8%, SW 파향과 WNW 파향은 10.4%로 나타났다.

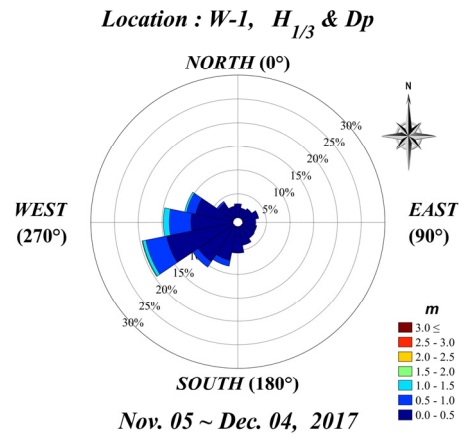


Fig. 3. Incidence rate of Significant Wave Heights ($H_{1/3}$) per Wave Directions

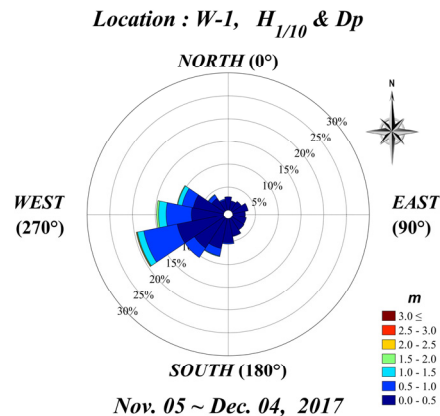


Fig. 4. Incidence rate of Maximum Heights ($H_{1/10}$) per Wave Directions

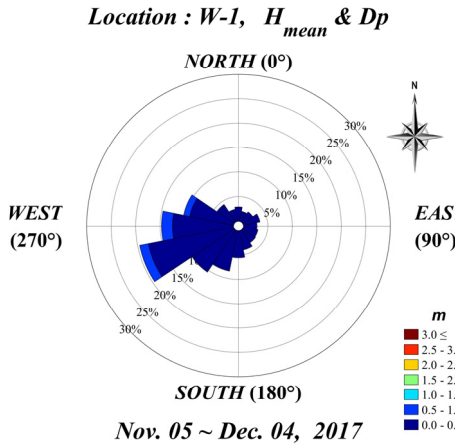


Fig. 5. Incidence rate of Average Wave Heights (H_{mean}) per Wave Directions

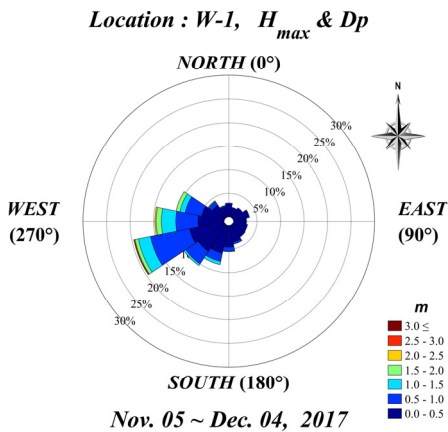


Fig. 6. Incidence rate of Extreme Heights (H_{max}) per Wave Directions

3.2 해빈류 관측 결과 및 분석

Table 3과 Fig. 7에서 충의휴양소 해안의 4개 정점에서 2017년 12월 8일에 수행한 해빈류 관측결과를 살펴 보았다. 1차 조사 시의 정점 D1은 평균속도가 10.09 cm/s였고, 동남동쪽으로 37분 동안 약 0.23 km를 표류하였다. 정점 D2는 평균속도가 41.77 cm/s였고, 동쪽으로 16분 동안 약 0.40km를 표류하였다. 2차 조사 시의 정점 D3는 평균속도가 2.92cm/s였고, 남동쪽으로 3분 동안 약 0.03km를 표류하였다. 정점 D4는 평균속도가 3.04cm/s였고, 남동쪽으로 3분 동안 약 0.02km를 표류하였다.

Table 3. Observation results of Wave-induced current

Vertex	Period	Time (hour)	Distance (m)	Average speed (cm/s)	Direction
D1	1st Survey	0.61	229	10.09	ESE
D2	1st Survey	0.26	401	41.77	E
D3	2nd Surey	0.03	35	2.92	SE
D4	2nd Surey	0.38	23	3.04	SE



Fig. 7. Movement path of buoys over time

4. 파랑변형 및 해빈류 실험

연구대상 해역의 수치모형실험은 50년 빈도 심해설계 파랑실험과 지형변동특성에 대해서는 해빈류 실험을 수행하여 충의휴양소 해안의 침식 및 퇴적특성을 파악하고 침식방지대책안의 효율성을 검토하였다. 수치실험의 입력조건들은 해양조사와 기존자료조사를 통해 도출하였으며 해양조사 결과와 수치모형실험 결과를 검토하여 충의 휴양소 해안의 해황 및 해안특성을 검증하고 예측하였다.

4.1 파랑변형 실험

파랑변형실험은 충의휴양소 계획 구조물의 설계외력으로 작용하는 설계파를 산정하기 위하여 충의휴양소 해안에 영향을 미치는 50년 빈도 심해설계파랑을 대상으로 광역과 상세역 실험을 연계하여 계획구조물 설계파를 산정하였다.

4.1.1 실험조건

파랑변형 실험의 입사파랑 선정은 장기파랑산출자료 집(1997, 해양수산부)[5], 해상파랑 관측 및 조사(199

8~2003, 해양수산부)[6]에 수록된 24년간 통계 자료를 이용하였고, 실험에 적용된 심해 입사파랑 제원은 전국심해파산출 연구용역 결과 (2016, 해양수산부)[7]를 바탕으로, 연구해역 인접한 Table 4.의 56105 격자점에서 선정하였다. 파 흐름장의 계산에 있어서는 수정 boussinesq 방정식(Madson and Sorensen, 1992)[8]를 사용하였다. 심해설계파의 선정은 “전해역심해설계파 추정보고서 II(한국해양연구원, 2005. 12)”[9]의 자료를 이용하여 사업대상지 인근해역으로 내습 가능한 격자점에 대하여 실험을 수행하였다. 바람자료는 인천기상대의 1971 ~ 2016년 까지 관측된 46년간의 10분 평균 최대풍속을 사용하였으며, 극치분석 모형에서 제공하는 5개의 확률분포함수 중에서 관측된 풍속과 상관관계가 가장 크고, 제곱오차의 합이 작은 확률분포함수를 이용하여 각 풍향별 빈도별 풍속을 산출하였다. 풍파 실험의 영역은 취송거리를 고려하여 대상 해역을 포함한 영역으로 구성하였으며, 모형의 격자는 심해설계파 실험의 영역과 동일하게 구성

하였다. 광역 모형의 경우 계산 영역은 80 km × 90 km 이고 200 m 정방격자로 구성하였으며, 중간역 모형의 경우 계산 영역은 50 km × 30 km이고 100 m 정방격자로 구성하였으며, 상세역 모형의 경우 계산 영역은 8.0 km × 6.0 km이고 20 m 정방격자로 대상해역 인근을 중심으로 파랑의 재현성을 높일 수 있도록 구성하였다.

Table 4. Wave Transformation Experiment Overview

Division		Experiment contents					
Model		Wide	Middle	Detail			
Model		SWAN(Simulating WAve Near shore)					
Composition	Range	80.0km × 90.0km	50.0km × 30.0km	4.0km × 3.0km			
	Grid	dx=dy=200m	dx=dy=100m	dx=dy=10m			
	Number	400 EA × 450EA	500 EA × 300 EA	400EA × 300EA			
Incident wave specifications	Abnormal Wave	Wave and Wind direction	Wave Height (m)	Cycle (s)	Wind Velocity (m/sec)	Grid number	
		S	1.29	4.71	9.13		
		SW	2.33	8.29	9.18		
		WSW	2.51	8.35	8.77		
		W	2.14	8.32	9.75		
		WNW	1.89	6.51	10.59		
	50-year recurrence frequency	S	7.29	12.40	23.85	54109	
		SW	5.49	11.70	21.11	54107	
		WSW	4.82	9.95	23.27	54108	
		W	4.77	10.01	24.18	54107	
		WNW	3.79	8.09	25.68	54106	
		NW	2.25	5.82	22.88	54105	
		Experiment plan	Case1(The south side Jetties) Case2(The south side Jetties + The north side Jetties) Case3(The south side Jetties + The north side Jetties + Detached breakwater)				
			Standard Sea level	D.L.(+) 8.838 m			

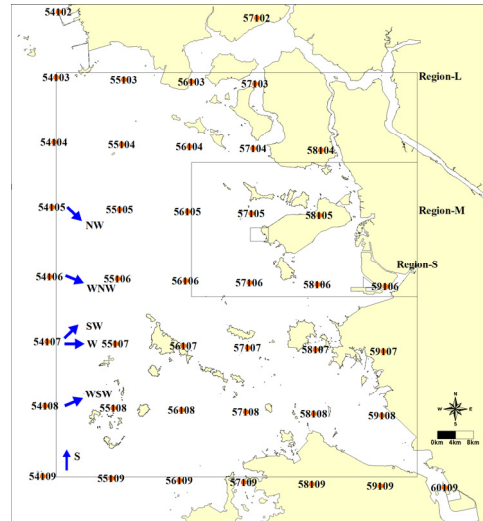


Fig. 8. Grid position map of main Deepwater Design Wave (50-year reproduction frequency)

4.1.2 실험결과

파랑변형 실험 결과를 통해 구조물 설치 예정 위치에서의 설계파를 산정하기 위해 A, B, C 구간으로 구분하여 법선파고 및 주기를 산정하였다. A구간의 50년 빈도 설계파고는 2.28 m~3.55 m의 범위를 갖고, B구간의 경우 2.05~3.7 5m의 범위를 나타내며, C구간의 경우 0.82~2.24의 범위를 나타냈다.

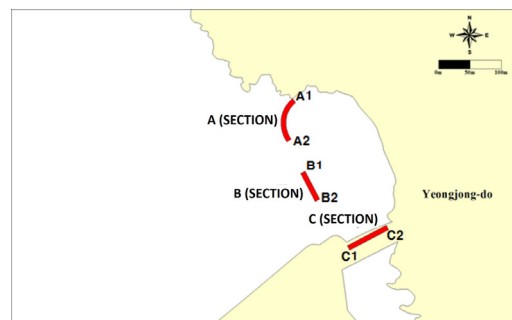


Fig. 9. Location map of Normal Wave Height

Table 5. The results of the design wave analysis for the 50-year frequency interval

Division	A(section)		B(section)		C(section)	
	Wave Height (m)	Cycle (sec)	Wave Height (m)	Cycle (sec)	Wave Height (m)	Cycle (sec)
S	2.30	12.40	2.05	12.40	0.82	12.40
SW	2.95	11.70	2.95	11.70	1.45	11.70
WSW	3.41	9.95	3.53	9.95	1.87	9.95
W	3.55	10.01	3.75	10.01	2.15	10.01
WNW	3.12	8.09	3.38	8.09	2.24	8.09
NW	2.28	5.82	2.41	5.82	1.94	5.82

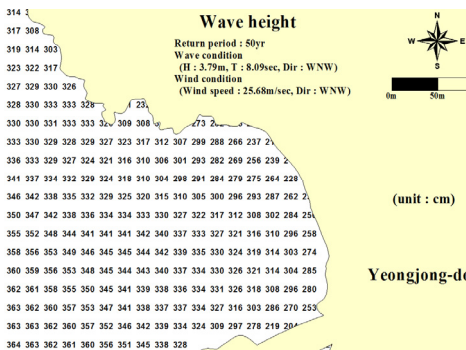


Fig. 10. Experiment results of Wave Height Distribution of WNW Wave direction (50-year frequency)

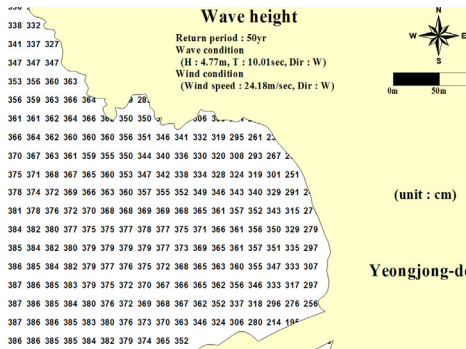


Fig. 11. Experiment results of Wave Height Distribution of W Wave direction (50-year frequency)

4.2 해빈류

4.2.1 해빈류 실험 개요

해빈류 수치모형실험에 사용된 모형은 2차원 수심적분 모형이며, 파랑 계산결과를 이용하여 연안역에서의 파랑에 의한 흐름을 계산하는 모형이다.

4.2.2 해빈류 실험 조건

해빈류 수치모형실험은 이상파 파랑변형 실험 결과의 파고와 파향을 그대로 입력하여 수행하였다. 본 연구해역 외해에서는 개방 경계조건을 적용하고 육지와 접하는 곳에서는 수위의 상승과 하강에 따라 경계를 이동하는 이동경계(Moving Boundary) 조건을 적용하였다.

Table 6. Summary of Experimental for Wave-induced current

		Experiment Contents
Composition	Model	WACUM Model
	Range	2.0km × 3.0km
	Grid	dx=dy=10m
Conditions	Number	200EA × 300EA
	Input	S wave direction abnormal wave test result W wave direction abnormal wave test result
	Interval	0.1 Second
Experiment Plan	Time	15 Minute
		Case 1(The south side Jetties) Case 2(The south side Jetties + The north side Jetties) Case 3(The south side Jetties + The north side Jetties + Detached breakwater)

4.2.3 해빈류 실험 검증

Fig. 12는 해빈류 관측결과 (1차 조사 및 2차 조사)와 해빈류 검증실험 결과를 나타낸 것이며, 해빈류 모형의 검증을 위해, 해빈류 조사 결과와 수치모형실험 결과 값의 비교를 통해 흐름패턴을 검증하였다. 조사기간 (1차 조사 및 2차 조사) 동안 관측된 파랑 중 최대값을 나타낸 시기의 파랑을 대상으로 해빈류 검증시 입력 조건($H_{1/3} = 1.57m$, $T_{1/3} = 4.98sec$, WSW)으로 실험을 수행한 결과, 해빈류 2차 조사 결과와 수치모형 실험 결과 패턴이 매우 유사한 북서-남남동 방향의 결과로 나타났다.

4.2.4 해빈류 실험 결과

Fig. 13 ~ Fig. 15에서 Case 1, 2, 3의 이안제 및 도류제 설치 이후 충의 휴양소 해안 부근의 해빈류가 감소하는 경향을 나타냈다. 한편, 이안제와 도류제의 마루높이를 D. L. (+)3m, 5m, 8m로 각각 변화시키며 해빈류의 변화를 살펴보았다. Case 1안의 경우 도류제의 마루높이를 변화 시켜도 해빈류의 변화 양상은 큰 변화가 없었다.

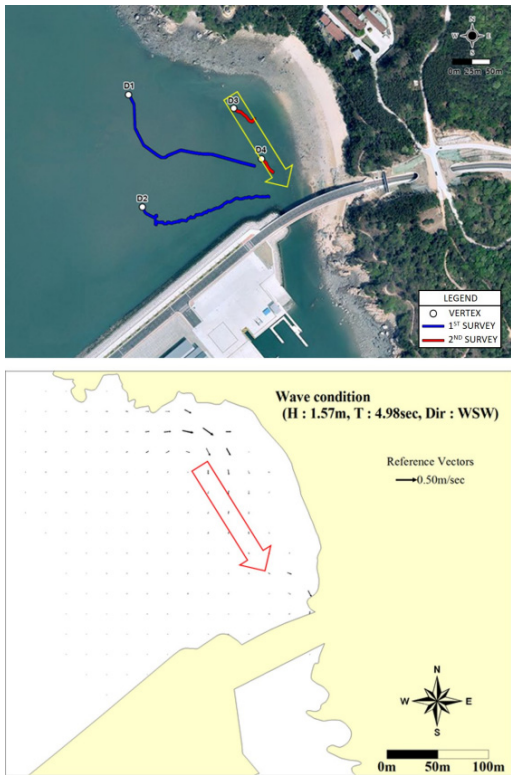


Fig. 12. Verification experiment result of Wave-induced Current

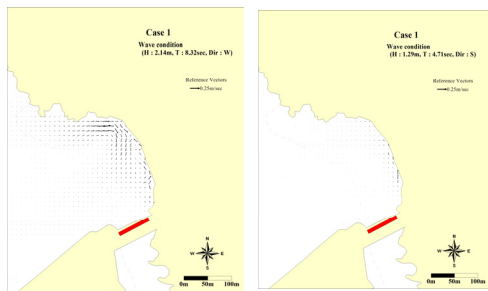


Fig. 13. CASE 1 Experiment Result of Wave-induced Current

반면, Case 2와 3안의 경우 마루높이를 5m까지 높였을 경우에는 큰 변화가 없었지만 8m로 높이면 낮아진 수심의 영향으로 강한 해빈류가 수중방파제 주변에 발생하였다. 특히, S파향 이상파랑 실험 결과 남에서 북으로 향하는 흐름이 나타났다.

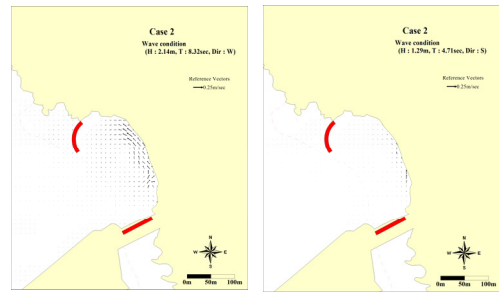


Fig. 14. CASE 2 Experiment Result of Wave-induced Current

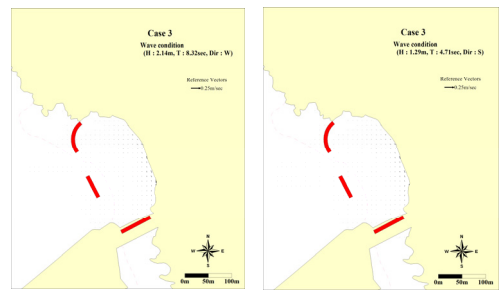


Fig. 15. CASE 3 Experiment Result of Wave-induced Current

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 인천광역시 중구 을왕동 충의휴양소 전면 해수욕장에 연안 침식 분석을 위하여 파랑 및 해빈류 관측을 실시하였다. 파랑관측 결과 유의파고($H_{1/3}$)는 0.07~1.57m의 범위로 나타났고, 평균값은 0.21m로 나타났다. 또한 최대파고(H_{max})는 0.02~4.76m 범위로 나타났다, 평균값은 0.27m로 나타났다. 해빈류 관측결과 1차 조사 시의 정점 D1은 평균속도가 10.09cm/s였고, 동남동쪽으로 37분 동안 약 0.23km를 표류하였다. 정점 D2는 평균속도가 41.77cm/s였고, 동쪽으로 16분 동안 약 0.40km를 표류하였다. 2차 조사 시의 정점 D3는 평균속도가 2.92cm/s였고, 남동쪽으로 3분 동안 약 0.03km를 표류하였다. 정점 D4는 평균속도가 3.04cm/s였고, 남동쪽으로 3분 동안 약 0.02km를 표류하였다. 해빈류 관측 결과 3차 조사시의 정점 D1은 평균속도가 7.03cm/s였고, 동남동쪽으로 49분 동안 약 0.21km를 표류하였다. 정점 D2는 평균속도가 13.63cm/s였고, 동북동쪽으로 26분 동안 약 0.21km를 표류하였다. 4차 조사

시의 정점 D3는 평균속도가 0.87cm/s였고, 동남동쪽으로 19분 동안 약 0.01km를 표류하였다. 정점 D4는 평균속도가 1.46cm/s였고, 동남동쪽으로 13분 동안 약 0.01km를 표류하였다. 파랑 수치모형실험을 통해 검증의 일환으로 방파제 구조물 설치 예정 위치에서의 설계 파를 산정하기 위해 A, B, C 구간으로 구분하여 법선파고 및 주기를 산정하였다. A구간의 50년 빈도 설계파고는 2.28m ~ 3.55m의 범위를 갖고, B구간의 경우 2.05 ~ 3.75m의 범위를 나타내며, C구간의 경우 0.82 ~ 2.24m의 범위를 나타냈다. 해빈류 실험 결과 Case 1, 2, 3의 이안제 및 도류제 설치 이후 충의 휴양소 해안 부근의 해빈류가 감소하는 경향을 나타냈다. 한편, 이안제와 도류제의 마루높이를 D. L. (+) 3m, 5m, 8로 각각 변화시키며 해빈류의 변화를 살펴보았다. Case 1안의 경우 도류제의 마루높이를 변화 시켜도 해빈류의 변화 양상은 큰 변화가 없었다. 반면, Case 2와 3안의 경우 마루높이를 5m까지 높였을 경우에는 큰 변화가 없었지만 8m로 높이면 낮아진 수심의 영향으로 강한 해빈류가 수중방파제 주변에 발생하였다. 또한, 충의휴양소의 주된 침식원인은 외해로부터 입사하는 파랑특성이 백사장 전면에 집중적으로 내습하고, 백사장 전면으로 집중되는 파의 변형으로 백사장과 평행하게 흐르는 연안류와 횡단방향으로의 이안류를 추가적으로 유발시킴으로써 연안표사가 전면외해로 이동·유출하기 때문으로 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 백사장 원상복구 및 효율적인 침식방지시설 선정의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] S. H. Shin, K. Y. Hong "Development of Hybrid Three Dimensional Beach Deformation Model and Its Application", Journal of the Korea Society for Marine Environmental Engineering, Vol.7, No.4, pp.199-206, 2004. UCI: G704-001346.2004.7.4.002
- [2] J. S. LEE, D. H. Tac, J. G. Woo "Characteristics of Seasonal Sediment Transport in Haeundae Beach", Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers, Vol.19, No.6, pp.574-585, 2007. UCI: G704-000422.2007.19.6.008
- [3] H. S. Jang "Numerical Model Experiments of Wave Transformation for the Marine Structure Design", Journal of Information and Communication Convergence Engineering, Vol.16, No.3, pp.440-447, 2012. UCI: G704-SER000003195.2012.16.3.006
- [4] M. Umeyama, "Reynolds stresses and velocity distributions in a wave-current coexisting environment." Journal of

Waterway, Port, Coastal, Ocean Engineering, Vol.131, Issue 5, pp.203-212, Sep. 2005.

DOI:

[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-950X\(2005\)131:5\(203\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-950X(2005)131:5(203))

- [5] Ministry of Oceans and Fisheries. Long Term Wave Climate Statistics Source Books. p.412, Ministry of Oceans and Fisheries, 1997.
- [6] Ministry of Oceans and Fisheries. Wave Observation Data and Survey (1998-2003). p.360, Ministry of Oceans and Fisheries, 2003.
- [7] K. C. Chon, Research service for calculation of deep sea wave in whole sea area (2016), Research Report, Korea Ministry of Oceans and Fisheries, Korea, pp.115.
- [8] P. A. Madson, O. R. Sørensen, "A new form of the Boussinesq equations with improved linear dispersion characteristics. Part 2. A slowly-varying bathymetry", Coastal Engineering, Vol.18, No.3-4, pp.183-204, Dec. 1992. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-3839\(92\)90019-Q](https://doi.org/10.1016/0378-3839(92)90019-Q)
- [9] D. Y. Lee, K. C. Chon, Estimation report of deep sea design wave in whole sea areaII, Research Report, Korea Ocean Research & Development Institute, Korea, pp.337.

장 병 상(Pyong-Sang Chang)

[정회원]



- 1998년 2월 : 경상대학교 토목공학과 (공학사)
- 2001년 2월 : 경상대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2013년 2월 : 서울시립대학교 대학원 토목공학과 (공학박사 수료)

<관심분야>

토목공학(연안수리, 개발계획)

배 성 규(Sung-Gyu Bae)

[정회원]



- 2000년 2월 : 경상대학교 토목공학과 (공학사)
- 2003년 2월 : 인하대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2011년 4월 ~ : 대한항공(주) 환경건설관리부 과장

<관심분야>

토목공학(지반공학, 개발계획)