

동해 봉길해안에서 해빈류의 현지 관측

이영권* · 양해용** · 박일흠** · 이종섭* · 김종규**

*부경대학교 토목공학과

**여수대학교 해양시스템공학전공

Field Observations of Wave-Induced Currents at Bonggil Beach

YOUNG KWEON LEE*, HAE YONG YANG**, IL HEUM PARK**, JONG SUP LEE* AND JONG KYU KIM**

*Dept. of Civil Engineering, Pukyong National University, Pusan, Korea

**Dept. of Ocean System Engineering, Yosu National University, Yeosu, Korea

KEY WORDS: Wave-induced Current 해빈류, DGPS, Bonggil Beach 봉길해빈

ABSTRACT: Using the DGPS of high precision take in a bouy, the wave-induced currents were observed by Lagrange method at Bonggile beach of the East Sea. At June, the northward wave-induced currents were dominated by the SSW waves. And the southward flows were appeared at September and November. When 0.2-0.4m wave heights attacked the beach, the mean speed of the wave-induced currents was 0.15-0.3m/s at June and September, when the 1.0-1.6m wave heights incidented at November, that was about 0.3-0.6m/s. On the other hand, the observed results were compared with the simulated results which were solved by the 2-D model, WICU-DIVAST. It was showed the reasonable agreements.

1. 서 론

심해에서 해안으로 파가 진행하는 동안 파변형에 의하여 파에 의한 잉여응력 즉 Radiation stress가 변하게 되고 이에 의하여 흐름이 발생하게 된다. 특히 파고변화가 격심하게 나타나는 쇄파대 및 그 부근에서는 Radiation stress의 경사가 크므로 강한 해빈류가 생성된다. 이러한 해빈류는 주기적인 운동을 하는 파 작용과는 달리 모래와 같은 퇴적물을 이동시키므로 해빈의 침식·퇴적현상과 관련하여 해빈류를 이해하는 것은 아주 중요하다 하겠다.

이와 관련하여 해빈류를 측정하는 방법은 Euler 방법과 Lagrange 방법의 두 가지로 대별된다. Euler 방법은 여러 고정점에서 유속계를 사용하여 유향·유속의 시간 변화를 기술하는 방법이며, Lagrange 방법은 부표·염료와 같은 표식자를 투입한 후 흐름을 따라 이동하는 표식자의 위치변화로서 흐름을 기술하는 방법이다(Pond and Pickard, 1983). 이들 방법은 각각 장단점이 있으며, Euler 방법이 경우 유속계를 이용하므로 정도높은 유향·유속자료를 얻을 수 있으나, 여러 지점에서 관측을 행할 경우 많은 수의 유속계가 필요하며, 쇄파대와 같이 파작용이 강한 곳에서는 유속계를 고정시키기기 위한 프레임이나 유속계 본체가 흐름에 영향을 주므로 이에 대한 보정이 어려우며, 그리고 기로부터 얻어지는 순간유속자료에는 흐름과 파의 정보가 섞여 있으므로 순수한 흐름성분만 추출하는데 많은 어려움이

따른다. Lagrange 방법의 경우 부표의 이동경로를 녹화하여 흐름양상을 평가할 수 있으나, 주변에 높은 관측탑이나 건물이 없는 경우 사용하기 어려운 방법이며, 설령 녹화된 자료를 획득하였다 하더라도 녹화된 영상을 분석하여 부표의 정확한 유향·유속을 결정하는데 많은 어려움이 있어 정량적인 이해보다는 대개 정성적인 이해에 그쳤다(김차겸, 1988).

따라서, 본 연구에서는 기존의 Lagrange 방법의 단점을 극복하기 위하여, 해빈류에 의하여 표류하는 부표의 위치를 높은 곳에서 촬영하는 대신, 고정밀도의 DGPS를 부표에 탑재시켜 인공위성 및 그 기지국으로부터 부표의 위치를 결정하고 그 자료를 저장할 수 있는 장치와 연결하는 해빈류측정장치를 개발하였다. 이때 약한 크기의 흐름을 측정하기 위하여 되도록 경량의 재료를 사용하였으며, 해빈류 측정자료는 바로 PC에 저장 할 수 있도록 하였다. 이렇게 개발된 해빈류 측정장치는 사적 제158호로 지정된 대왕암이 있는 경북 경주시 봉길해빈에서 해빈류를 관측하는데 사용되었으며, Lagrange적으로 관측된 결과를 정량적으로 정리하였다. 그리고 해빈류의 관측결과는 수치모형 결과와 그 흐름양상을 비교하였다.

2. 대상해역

우리나라 동해안에 위치한 경북 경주시의 봉길리 해안에서 해빈류를 관측하였다. 봉길리 해빈은 남북으로 거의 일직선상이고 백사장 길이는 1.5km 정도이며, 폭은 40m 정도로 모래와 가는 자갈로 이루어져 있다. 해빈의 중앙부에는 사적 제158호로 지정된 대왕암이 해안선으로부터 약 200 m 정도 전방에 위치하고 있

제1저자 이영권 연락처: 전남 여수시 둔덕동 산 96-1

061-659-3152 bibber22@yosu.ac.kr

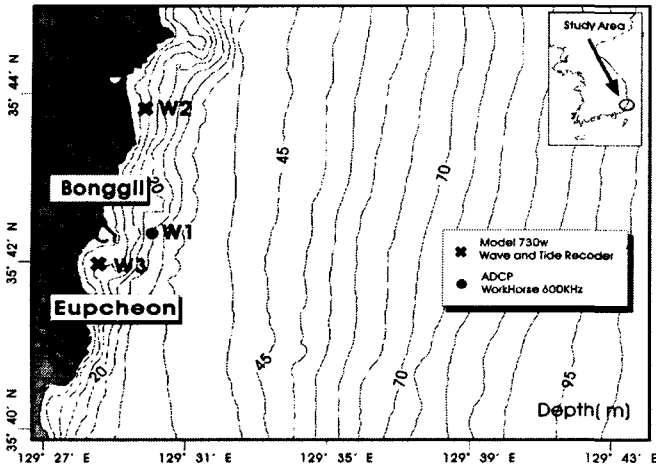


Fig. 1 Study area.

으며, 봉길리 해빈의 북쪽 끝에는 모래의 주공급원으로 기대되는 대종천이 자리하고 있다(Fig. 1).

그리고 기상 자료를 정리하면, 연중 풍향 발생 빈도는 남서풍이 20.0%로 우세하며 남동풍계열의 바람이 적게 나타났다. 연평균 풍속은 2.9m/s이며, 연평균 정온발생빈도는 2.5%이다. 바람의 출현빈도는 SW 풍향이 22.3%로 가장 많으며, WSW 풍향이 15.1%, N 풍향이 12.1%의 순으로 나타났다.

봉길리 해안의 조석은 거의 일주조가 탁월하고 일조부등 현상이 두드러지게 나타나며, 대조기의 조차는 약 0.2m로 아주 작다. 따라서, 봉길리 해안은 조석·조류보다는 파랑과 해빈류가 표사 이동의 주 의력으로 작용할 것으로 보인다. 그리고 해양수산부(1997)에 의한 계절별 평균유의파고와 주기는 봄에 0.88m, 5.3sec, 여름에 1.01m, 5.9sec, 가을에 0.95m, 5.3sec, 겨울에 0.87m, 5.3sec이다. 동계에는 주로 NE 파랑이 전체 파랑 발생빈도의 17.9%를 차지하고 NNE 파랑이 14.5%의 분포를 보이고 있다. 하계에는 SSW 파랑이 19.8%, S 파랑이 7.9%의 발생빈도를 보이고 있다. 한편, 파랑의 현지관측 지점은 Fig. 1에 제시되었으며, 파랑관측은 2003. 3. 29~2003. 6. 7과 2003. 9. 7~2003. 12. 3일까지 2회에 걸쳐 수행되었다. Table 1과 Table 2는 W1, W2 및 W3 지점에서 해빈류를 측정할 날의 파고, 주기 그리고 파향을 제시하였다.

3. 조사내용 및 방법

해빈류의 측정은 DGPS를 이용한 흐름 측정장치를 사용하였으며, 봉길리 해빈에서 2003년 6월, 9월, 11월의 3회에 걸쳐 현장 측정을 수행하였다. DGPS는 GPS의 정확도를 개선하기 위하여 사용된 기술로서 3~5m 이내로 위치의 정확성 95% 보이며 해양과같은 장애물이 없는 곳에서 DGPS의 정확도는 거의 1m 이내이다. Fig. 2는 DGPS 체계에 관한 모식도이다.

본 연구조사가 이루어진 기간동안 해빈류를 측정하기 위하여 채택된 DGPS를 이용한 해빈류 측정장치의 제원은 Fig. 3에 제시하였다. 또한, DGPS의 정밀도는 Table 3과 같다. 해빈류의 현황을 알기 위하여 DGPS를 이용한 해빈류 측정장치를 쇠파대 부근

Table 1 Observed wave data at W1

Time	Station	H _{1/3} (m)	T _{1/3} (sec)	Direction (°)	Depth (m)	
06/07 00:00	W1	0.73	2.9	53	35	
		06:00	0.44	6.4	53	
		12:00	0.32	2.9	41	
		18:00	0.18	6.4	88	
06/08 00:00	W1	0.76	2.9	67		
		09/27 16:00	0.58	4.4	69	
09/28 04:00	W1	0.86	2.6	249		
		09/28 04:00	0.96	2.7	48	
11/29 16:00	W1	0.95	8.0	48		
		22:00	-	-	-	
11/30 04:00	W1	1.47	6.7	32		
		10:00	-	-	-	
		16:00	-	-	-	
		22:00	-	-	-	
		22:00	-	-	-	

Table 2 Observed wave data at W2 and W3

Time	Station	H _{1/3} (m)	T _{1/3} (sec)	Station	H _{1/3} (m)	T _{1/3} (sec)	
06/06 22:40	W2	0.20	7.9	W3	0.26	7.9	
06/07 04:40	W2	0.19	6.4	W3	0.32	7.1	
		10:40	0.15	7.1	W3	0.22	7.9
09/27 16:05	W2	0.29	4.6	W3	0.42	4.3	
		22:05	0.37	4.6	W3	0.42	4.6
09/28 04:05	W2	0.36	5.0	W3	0.56	4.6	
		11/29 16:05	0.78	7.1	W3	0.83	7.1
11/29 22:05	W2	0.82	7.9	W3	0.86	7.9	
		11/30 04:05	1.05	7.9	W3	1.00	9.0
11/30 10:05	W2	1.46	10.3	W3	1.32	10.3	
		16:05	1.60	10.3	W3	1.29	10.3
		22:05	1.59	9.0	W3	1.71	10.3

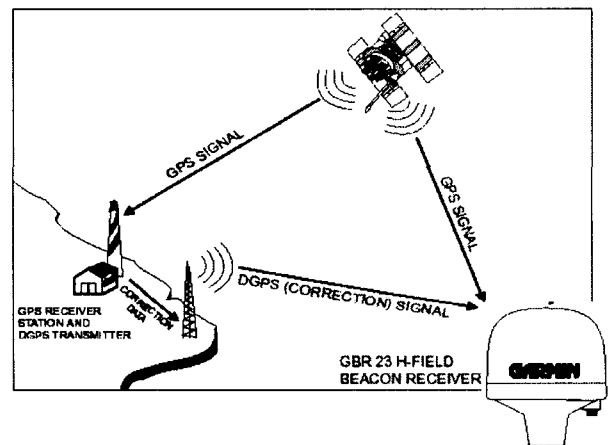
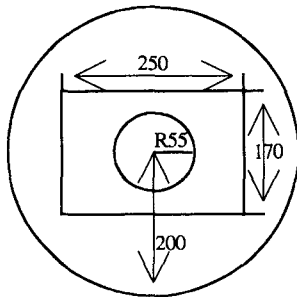


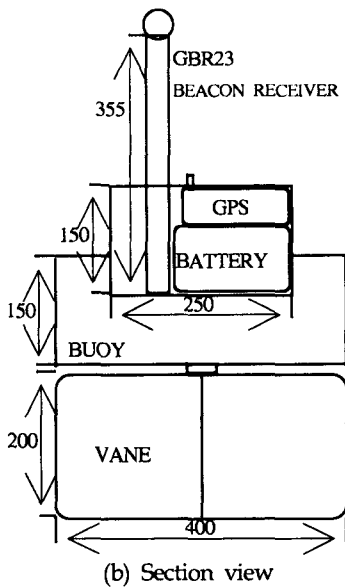
Fig. 2 The DGPS System (Garmin, 2002).

에 투입하고 이 Bouy가 흘러가는 방향과 시간을 인공위성의 신호를 받아 그 지점의 유속으로 환산하는 것이다. Photo 1은 현지

UNIT: mm



(a) Plane view



(b) Section view

Fig. 3 Measurement equipment of using to the DGPS.

해안에서 해빈류를 측정하는 모습이다.

4. 현지조사 결과

Fig. 4는 봉길해빈에서 6월에 관측한 해빈류의 관측결과이다. 해빈류를 관측한 봉길리 해안의 W2 지점에서 6월 7일에 관측된 파고와 주기는 평균 0.17m와 6.7sec정도이다. 이와 같은 파고와 주기의 조건으로 입사할 때, 관측된 6월의 해빈류를 영역 A, B로 분리하였다. 그림에서 처럼 대종천에서 흘러나오는 담수와 해수가 만나는 지점이다. 영역 A에서는 대종천에서 흘러나오는 하천류가 남쪽으로 흐르다가 북쪽으로 흐르는 해빈류와 만나서 북쪽 방향으로 흐름을 바꾼다. 하천류의 평균속도는 0.25m/s, 최대속도는 0.63m/s이며, 남쪽에서 북쪽으로 흐르는 해빈류의 평균속도와 최대속도는 각각 0.17m/s와 0.31m/s이다. 영역 B에서 평균속도와 최대속도는 0.18m/s와 0.33m/s이다. Fig. 5는 봉길해빈에서 9월에 관측한 해빈류의 관측결과이다. 9월에 관측된 해빈류를 영역 A, B, C, D로 나누었으나, B, C, D는 연안류보다는 질량

Table 3 DGPS accuracy (Garmin, 2003)

Position	3-5meters, 95% typical
Velocity	0.05meter/sec steady state
Dynamics	Performs to specifications to 6 g's
Interfaces	NMEA 0183 version 2.3, RTCM SC-104 (for DGPS corrections) and RS-232 for interface
Data Storage Life	Infinite; no memory battery required
Map Storage	Internal; approximately 19MB

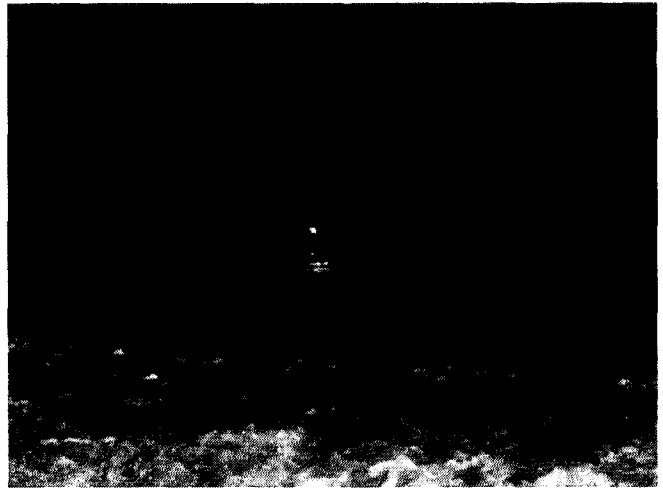


Photo 1 Measurement of longshore currents.

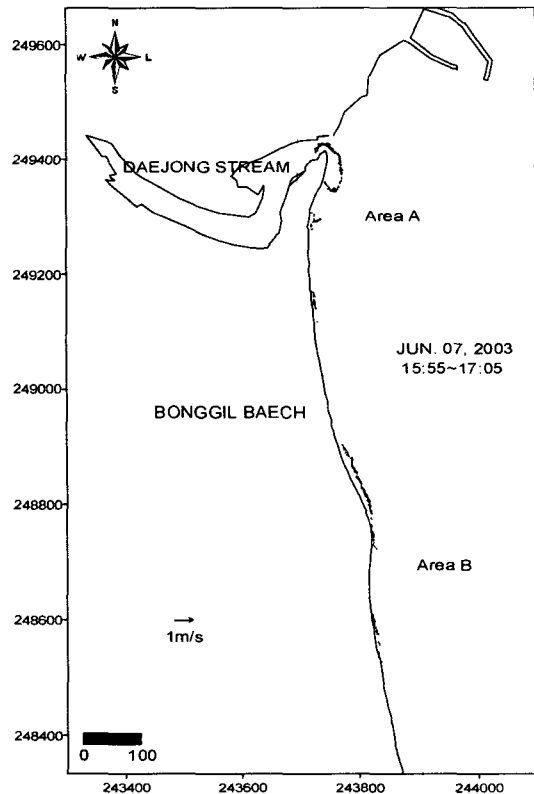


Fig. 4 Observed wave-induced current (Jun. 2003).

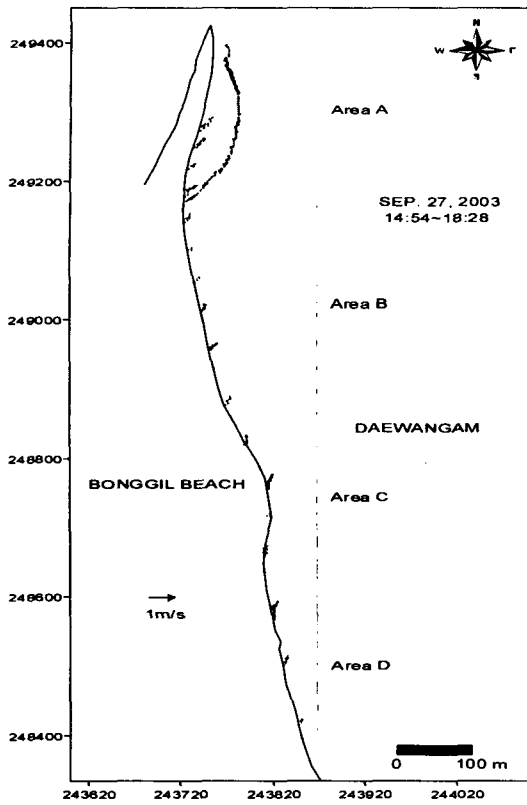


Fig. 5 Observed wave-induced current (Jun. 2003).

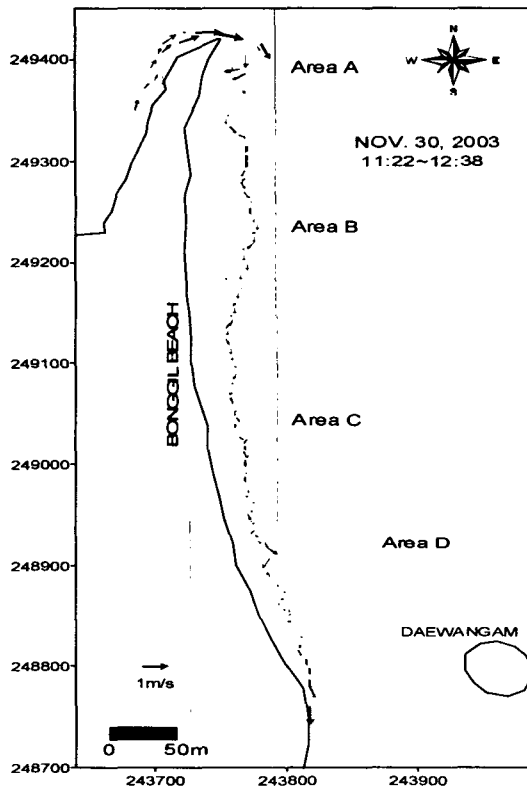


Fig. 6 Observed wave-induced current (Jun. 2003).

수송으로 판단된다. 영역 A에서 해빈류의 평균속도와 최대속도는 0.20m/s와 0.48m/s이다. 해안선 부근에서 쇄파파고가 상대적으로 커서 해빈류의 측정이 어려웠으며, 해빈류의 흐름보다는 질량수송으로 추정되는 관측이 많았다.

11월 30일에 봉길리 해안의 관측된 평균파고는 1.42m로 관측된 다른 달과 비교할 때, 큰 편이며 주기는 9.4sec이다. 관측된 해빈류를 각 영역별 A, B, C, D로 나누어 Fig. 6과 같이 제시하였다. 영역 A는 대중천에서 흐르는 유량이 바다와 만나는 곳이며, 대중천의 흐름을 측정할 결과 두 흐름이 같은 형태를 나타내었다. 대중천의 흐름은 해빈류와 같은 남쪽으로 계속해서 이동한다. 하천류의 평균속도는 1.47m/s이며, 최대속도는 1.91m/s이다. 영역 B에서 관측된 해빈류의 평균속도와 최대속도는 0.28m/s, 0.48m/s이다. 영역 C에서 관측된 해빈류의 평균속도와 최대속도는 0.26m/s, 0.48m/s이다. 영역 D에서 관측된 해빈류의 평균속도와 최대속도는 0.28m/s, 0.92m/s이다.

위와 같이 현지관측을 통한 해빈류를 제시하였으며, 결과를 비교하기 위하여 해빈류 수치계산을 수행하였다. 수치계산에서 입사파랑과 파향은 대상해역의 주입사 파향에서 SSW, NE 그리고 NNE방향으로 결정하였으며, 입사파고 및 주기는 대상해역의 파랑 통계치(20년)에 따른 심해 유의파의 연간 평균치를 사용하였다. 해빈류모형의 계산격자는 $\Delta x = \Delta y = 10\text{m}$ 로 하여 250 × 300개

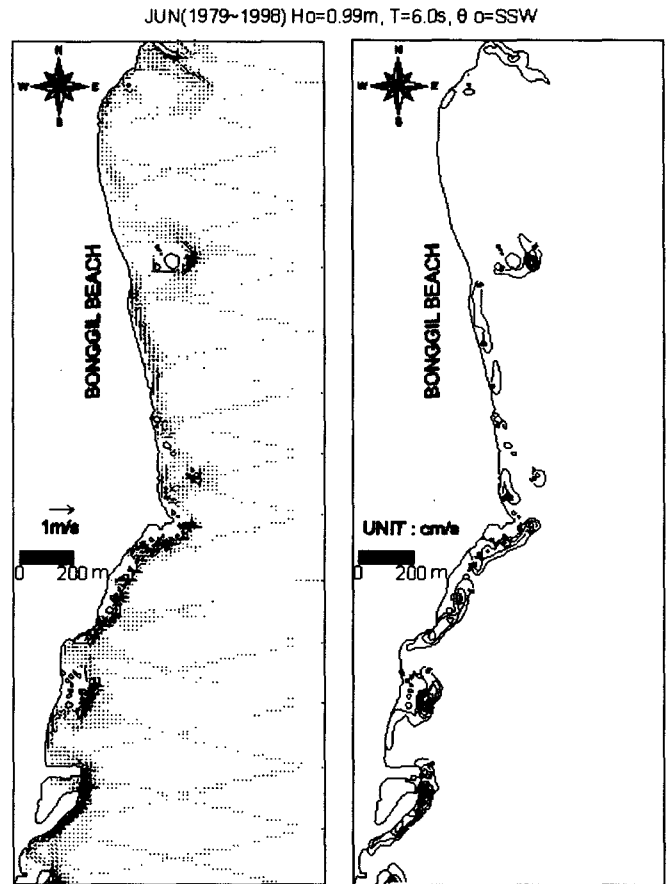


Fig. 7 Computed wave-induced currents by SSW-waves.

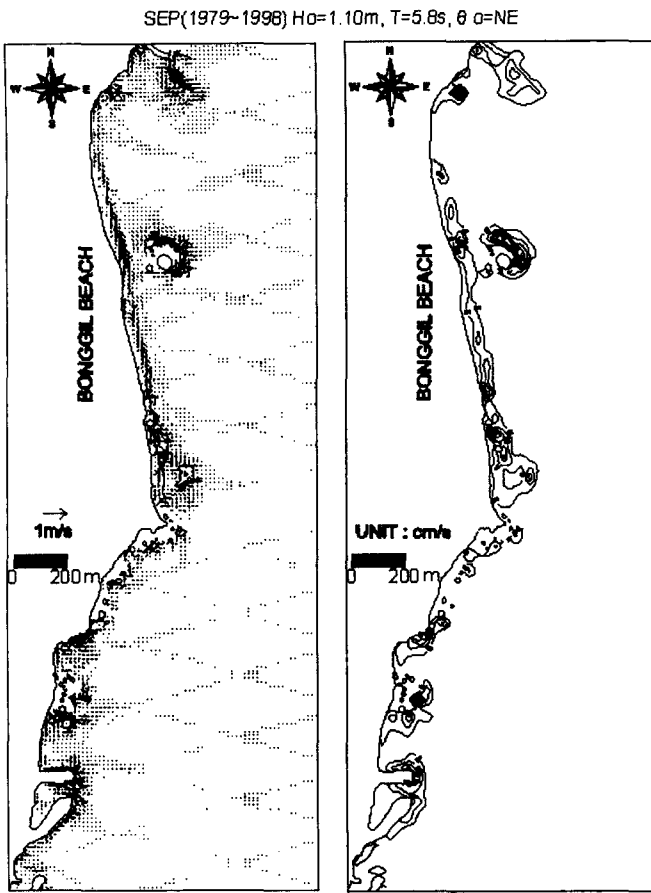


Fig. 8 Computed wave-induced currents by NE-waves.

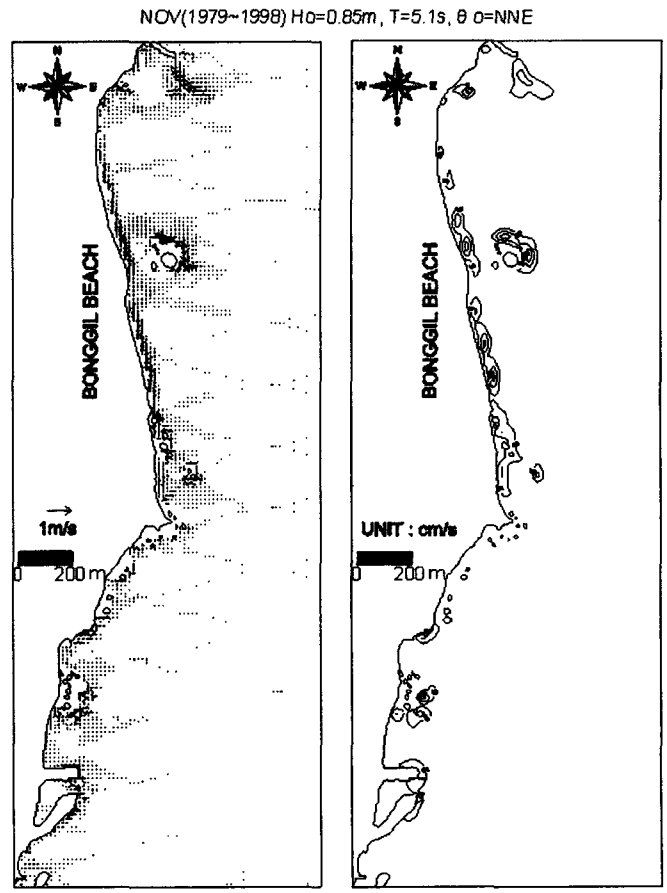


Fig. 9 Computed wave-induced currents by NNE-waves.

의 격자계로 모형영역을 구성하였으며, 계산시간 증분은 $\Delta t=1\text{sec}$ 로 정하였다. 계산영역에 대한 경계조건은 파랑과 해빈류 모형을 동일하게 구성하였으며, 측방경계는 투과경계, 해안선은 폐경계로 취급하였고 외해측을 입사경계로 설정하였다.

주 파향별(SSW, NE, NNE)로 계산된 해빈류를 Fig. 7~ 9에 제시하였다. 수치계산에 의한 해빈류의 평균 크기는 $0.2\text{m/s}\sim 0.5\text{m/s}$ 정도이다. 이 결과를 현지 관측 데이터와 비교해 볼 때, 타당한 결과로 판단된다.

5. 결 론

본 연구에서는 기존의 Lagrange 방법의 단점을 극복하기 위하여, 해빈류에 의하여 표류하는 부표의 위치를 고정밀도의 DGPS를 부표에 탑재시켜 인공위성 및 그 기지국으로부터 부표의 위치를 결정하고 그 자료를 저장할 수 있는 장치와 연결하는 해빈류측정장치를 개발하여 사적 제158호로 지정된 대왕암이 있는 경북 경주시 봉길해빈에서 해빈류를 관측하였다. Lagrange적으로 관측된 결과를 정량적으로 정리하였으며, 해빈류의 수치모형 결과와 그 흐름양상을 비교하고 평가하였다.

관측결과 6월은 남동계열의 바람이 불어 남쪽에서 북쪽으로 흐르는 해빈류를 형성하였으며, 9월과 11월은 북동계열의 바람

이 남쪽으로 흐르는 해빈류를 형성하였다. 그리고 파고 0.17m , 주기 6.7sec 의 파랑(6월)이 입사할 때, 측정된 해빈류의 평균속도는 0.17m/s 이고, 9월에 입사한 파랑의 파고와 주기가 0.34m , 4.7sec 일 때, 측정된 해빈류의 평균속도는 $0.17\text{m/s}\sim 0.20\text{m/s}$ 정도였다. 그리고 파고가 1.42 , 주기가 9.4sec 정도의 파랑(11월)이 입사할 때, 해빈류의 평균속도는 $0.26\text{m/s}\sim 0.28\text{m/s}$ 로 관측되었다. 또한 수치계산에 의한 해빈류의 평균 속도는 전체적으로 $0.2\text{m/s}\sim 0.5\text{m/s}$ 정도로 계산되었다. 수치계산에 사용된 입력조건의 파랑이 현지 관측된 파랑과 비교하여 크기 때문에 해빈류의 크기도 상대적으로 크게 나타났으나 관측데이터와 수치 계산에 의한 흐름 패턴은 타당한 결과로 보인다.

참 고 문 헌

- 김차겸, (1988). "해운대 해수욕장의 해빈변형에 관한 기초적 연구", 부산수산대학 대학원 해양공학과 공학석사 학위논문, 52p.
- 부경대학교 수산과학 연구소, (2004). "월성 원자력 발전소 인근 해안 침.퇴적 영향조사 중간보고서", pp 621.
- 해양수산부, (1997). "장기파랑산출 자료집", pp 361.
- Church, C.C. and Thornton, E.B., (1993). "Effects of breaking wave induced turbulence within a longshore current

- model. Coastal Engineering, Vol. 20, pp 1-28.
- Garmin, (2002). "GBR 23 receiver personal navigator owner's manual and reference guide", Garmin co., U.S.A., pp 24.
- Garmin, (2003). "GPS V personal navigator owner's manual and reference guide", Garmin co., U.S.A., pp 91.
- Ngusaru, Amani S., (1992). "Longshore current on a multi-barred beach: comparison of measured data with model results, M.D. Thesis, Dalhousie Uni., pp 171.
- Pond, S. and Pickard, G., (1983). "Introductory Dynamical Oceanography", 2nd Ed., Pergamon Press, pp 329.
- Reniers, A.J.H.M., Battjes, J.A., (1997). "A laboratory study of longshore currents over barred and non-barred beaches", Coastal Engineering, Vol. 30, pp 1-22.
- Sanil Kumar, V., Anand, N.M., Chandramohan, P., Naik, G. N., (2003). "Longshore sediment transport rate—measurement and estimation, central west coast of India", Coastal Engineering, Vol. 48, pp 95-109.
- Svendsen, I.A. and Putevu, U., (1994). "Nearshore mixing and dispersion. Proc. R. Soc. London, A445, pp 561-576.