

# 파랑의 특성과 지속시간에 따른 해빈표사의 이동현상에 관한 연구

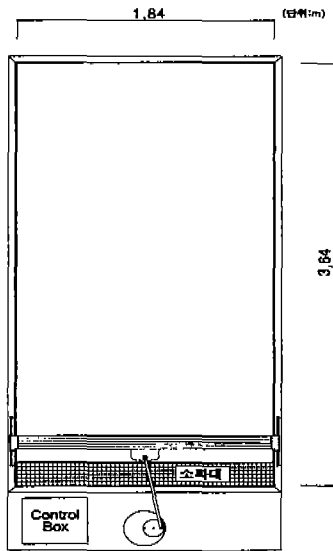
김성득\* · 민석진\*\* · ○정성호\*\*\* · 백상화\*\*\*

## 1. 서론

자연해빈의 변화는 일반적으로 계절적이며 수년에 걸쳐서 보면 대개 평형상태에 있다. 그러나 해안에 이안제, 돌제, 잠제, 안벽 등의 구조물이 건설되거나 하천에 댐이 건설되어 표사의 공급이 차단될 경우 평형상태가 깨어져 해안지형의 변화를 초래한다. 따라서 본 연구에서는 대상영역을 지정하여 3차원 조파수조를 이용한 수리실험을 통해 대상영역의 파랑의 특성과 내습파랑의 지속시간, 구조물의 평면배치에 따른 해빈형상의 변형과 지역조건에 따른 해빈표사의 이동현상의 특성을 밝히고자 한다.

## 2. 3차원 수리실험

### 2.1 실험장치 및 개요



본 연구의 실험은 그림-1에 나타난 것처럼 길이 3.64m, 폭 1.84m, 높이 0.20m의 3차원 피스톤식 조파수조에서 실시했다. 조파수조의 대상축적은 대상해역의 범위에 따라 1/100~1/500까지 재현할 수 있으며, 주기는 최대 2.0sec, 최소 0.134sec로서 축척에 따라 조정 가능하다. 그리고 파고와 파장에 영향을 미치는 피스톤식 조파판의 스트로크(stroke)는 0~24.4cm로 각 축척별로 파고와 파장을 상사법칙에 의해 조정할 수 있다. 수조의 종축과 횡축은 10cm 간격으로 격자를 형성하였으며 두 개의 격자사이에 5cm 간격으로 보조격자를 형성하였다.

실험관측에 사용된 계측기기는 다음과 같다.

- 파고측정 : 용량식 파고계
- 지형변화측정 : 측심기(Point gauge)

그림 1. 조파기의 제원

\* : 울산대학교 공과대학 토목환경공학부 교수  
\*\* : 울산대학교 공과대학 토목환경공학부 박사과정  
\*\*\* : 울산대학교 공과대학 토목환경공학부 석사과정

본 연구의 실험은 해수욕장내의 침식현상과 인접 하구의 폐색 현상이 일어나는 울산광역시 울주군 서생면 소재 진해 해수욕장 및 회야강 하구일대를 축척 재현하였으며, 평면수조 여건상 모형 실험에서 수평과 연직방향으로 동일축척을 적용하면 파고가 작게 되어 저질이 이동할 수 없게 되고, 파의 진행상 문제점을 일으킬 수 있으므로 부득이하게 모형과 현지규모에 적합한 수평 1/500, 연직 1/100의 축척을 사용하여 현지와 모형간에 상사시켰다. 따라서 왜곡을 5를 적용하여 현지조건과 일치하는 실험조건에서 이에 적절한 실험을 실시하였다.

모형실험에 적용된 상사율은 다음과 같다.

- 수평축척 : 1/500,      • 연직축척 : 1/100
- 파고축척 : 1/100,    • 시간축척 : 1/10

## 2.2 저질입경의 산정

모형실험에 있어 가장 중요하다고 할 수 있는 실험 시료에 대한 입경의 결정이다. 따라서 본 연구에서는 실험에 앞서 대상영역의 현재 해안선을 따라서 해저 시료 8개소와 백사장 1개소, 총 9개소(그림 2. 참조)의 시료를 채취하여 입도분석을 실시하였으며, 체분석 결과 시료의 중앙입경( $d_{50}$ )은 0.30mm, 체가름계수( $S_0$ )는 1.13, 침강속도( $\omega$ )는 3.83cm/sec인 것으로 나타났다. 체가름계수는 1.13인 것으로 대상해안의 입경이 균일함을 알 수 있다.

현지의 중앙입경( $d_{50p}$ )을 0.30mm로 하면 Yalin의 산정표에 의해 모형사의 입경( $d_{50m}$ )이 0.071mm로 산정된다. 즉 저질입경의 축척은 1/4.3이 된다. 그러나 산정된 모형사는 시료의 확보가 힘들고 모형실험에 사용하더라도 실험초기에는 부유사가 발생되지만 시간이 지날수록 입경이 작기 때문에 점성력의 영향으로 인하여 바람직한 결과를 얻지 못하게 된다. 그래서 본 연구의 모형실험에서는 대상해안의 현지의 중앙입경을 그대로 적용(저질입경의 축척 1/1)하여 실험하였다.

## 2.3 평면실험 조건 및 파랑조건의 선정

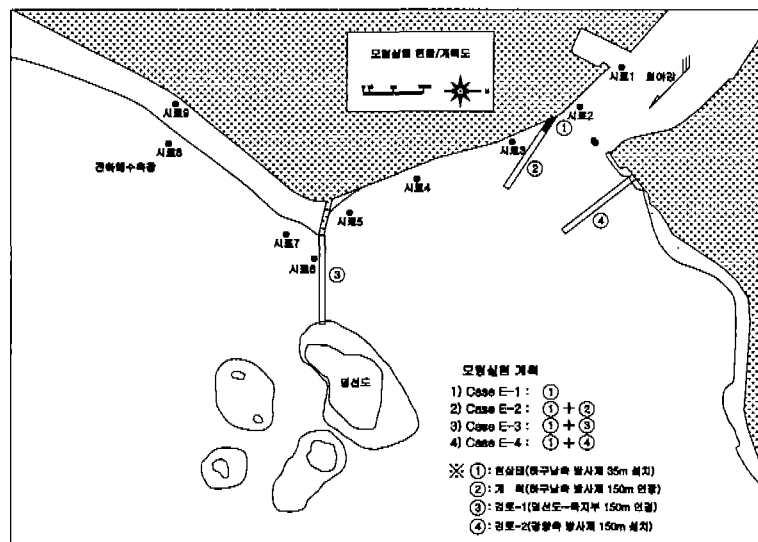


그림 2. 대상영역의 현황 및 실험 계획도

본 연구의 평면모형실험은 그림 2와 같이 1) 대상해역의 회야강 남측에 기존 설치된 35m 방사제 구간에 대한 현상태 실험(case E-1), 2) 현상태 구조물에 115m 연장된 150m 방사제의 설치에 따른 실험(case E-2), 3) 장래 예측 실험으로 현상태의 구조물에 명선도와 육지부를 연결한 150m의 구조물 설치에 대한 실험(case E-3), 4) 현상태의 구조물에 회야강 북측에 150m의 방사제의 설치(case E-4)에 따른 해빈지형의 변화를 연구하는 실험을 하였다.

파랑조건은 파고와 주기 그리고 파랑의 지속시간과의 관계는 파랑관측자료(1999년 주전파랑관측결과보고서)에서 산출하였고, 파향은 대상영역의 계절적 분포(춘계: 52.3%, 하계:31.2%, 추계:36.4%, 동계:73.4%)가 우세한 E 파향으로 간주하였으며 실험파의 제원은 표1과 같이 선정하였다.

표 1. 실험파의 제원 및 구조물 설치 조건

구분	파향	파고(cm)				주기(sec)		파형경사	구조물 설치	지속시간(hr)	
		심해파고		입사파고							
		원형(m)	모형(cm)	원형(m)	모형(cm)	원형	모형			원형	모형
case E-1	E	1.0	1.0	0.90	0.90	6.0	0.6	0.0178	하구측 방사제 35m 설치 (현상태)	100	10
		1.5	1.5	1.35	1.35	7.0	0.7	0.0196		40	4
		2.0	2.0	1.90	1.90	8.0	0.8	0.0200		10	1
case E-2	E	1.0	1.0	0.90	0.90	6.0	0.6	0.0178	하구측 방사제 150m 설치 (계획)	100	10
		1.5	1.5	1.35	1.35	7.0	0.7	0.0196		40	4
		2.0	2.0	1.90	1.90	8.0	0.8	0.0200		10	1
case E-3	E	1.0	1.0	0.90	0.90	6.0	0.6	0.0178	명선도~육지부 150m 연결 (검토-1)	100	10
		1.5	1.5	1.35	1.35	7.0	0.7	0.0196		40	4
		2.0	2.0	1.90	1.90	8.0	0.8	0.0200		10	1
case E-4	E	1.0	1.0	0.90	0.90	6.0	0.6	0.0178	강양측 방사제 150m 설치 (검토-2)	100	10
		1.5	1.5	1.35	1.35	7.0	0.7	0.0196		40	4
		2.0	2.0	1.90	1.90	8.0	0.8	0.0200		10	1

## 2.4 실험방법

표사운동은 지형변화의 직접적 원인이기 때문에, 표사량의 정밀한 측정이 요구되는 일이 많다. 그러나 저질운동의 복잡함 때문에 실험에 있어서 표사이동의 정량적인 계측은 곤란하나 본실험에서는 가능한 한 정량적 계측을 하기 위하여 10cm 간격의 주격자점과 5cm 간격 보조격자점의 각 실험별 해저수심의 변화량을 측정하여 표사의 이동현상을 연구하였다.

지형변동의 측정은 측심기를 사용하였으며, 지형변동 관측지점은 Sawaragi · Deguchi(1992)의 이동한계수심 제안식 식(1)에 따라 이동한계수심인 7cm를 적용하여 이보다 큰 심해 측에 대해서는 지형이 불변하는 지역으로 간주하고 수심이 7cm인 지점부터 해안선까지 측정하였다.

$$\left(\frac{H_0}{H}\right) \sinh \frac{2\pi h}{L} = C \left(\frac{H_0}{T}\right) (\gamma_s \cdot g \cdot d_{50})^{-\frac{1}{2}} \left(\frac{d_{50}}{L_0}\right)^m \quad \text{-----} \quad \text{식 (1)}$$

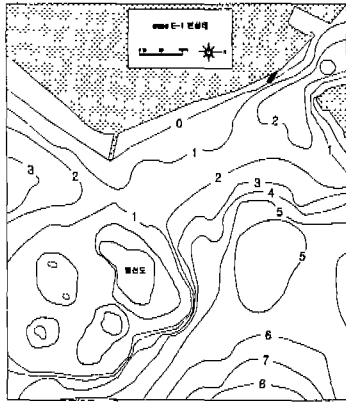
C = 400, m = 0.6 : 침식형 해안, C = 20, m = 0.3 : 퇴적형 해안

( $H_0$  : 심해파고,  $H$  : 입사파고,  $h$  : 이동한계수심,  $L$  : 입사파장,  $d_{50}$  : 저질의 중앙입경)

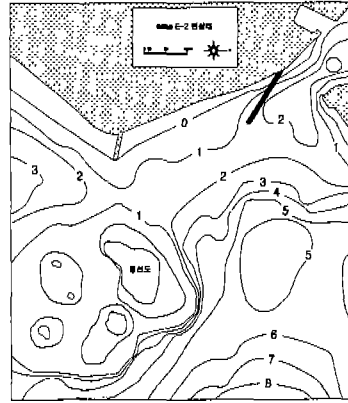
실험에 사용된 모형은 1999년 8월 울산광역시 울주군에서 시행한 “진하항 준설 및 방파제 시설 공사 사업”중에서 대상영역의 수심측량 및 지형측량을 바탕으로 제작하였다.

## 3. 비교고찰

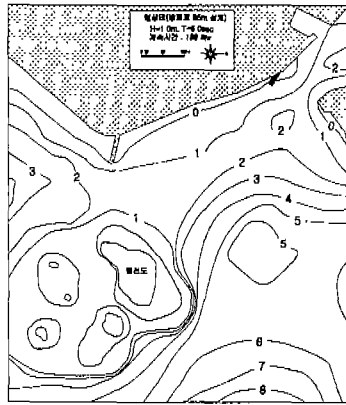
각 실험의 해저지형의 변화는 다음 그림 3~6과 같다. 초기 수심은 그림 3~6-(a)에 나타내었고 파고 1.0m를 100시간 지속적으로 조파했을 경우는 그림 3~6-(b), 파고 1.5m를 40시간 지속적으로 조파했을 경우는 그림 3~6-(c)에 각각 나타났다. case E-1실험(현상태 : 하구 남측 방사제 35m 설치)에서는 그림 3-(b)와 같이 회야강 하구의 해저지형이 점차 퇴적되는 현상을 관측할 수 있고, 수심 2~5m 지점의 해저지형도 다소 불규칙적인 경사가 완만한 경사로 형성되는 것을 볼 수 있다. 그리고 명선도와 육지부 사이에는 침식과 퇴적현상이 파랑조건에 따라 변함을 알 수 있다. 반면 case E-2실험(하구 남측 방사제 150m 설치)에서는 파랑 조건에 관계없이 파랑을 일정 시간 조파할 경우 그림 4-(a),(b)와 같이 하구가 전면 폐색되는 결과를 확인할 수 있고 해저 수심의 변화는 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 장래 예측 모델로 행한 case E-1실험(명선도~육지부 150m 연결)은 case E-2와 마찬가지로 하구가 폐색되는 결과를 확인할 수 있다. 이는 E파향에서의 하구 폐색의 원인이 되는 표사가 회야강 남측 진하해수욕장의 연안류에 의해 이송되는 표사량보다 명선도 우측과 하구의 북측에서 이송되어오는 표사량이 하구폐색의 원인이 됨을 알 수 있다. case E-1,2에서 확인된 결과를 바탕으로 행한 case E-4실험(하구 북측 방사제 150m 설치)의 결과는 그림 6-(b),(c)와 같이 하구의 퇴적현상이 감소함과 동시에 하구 남측의 안벽 구간의 정선이 후퇴하면서 수심 5m까지의 해저경사가 완만해짐을 볼 수 있다.



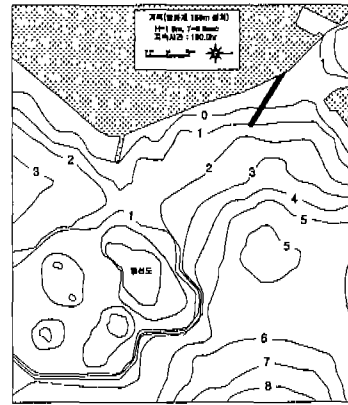
(a)



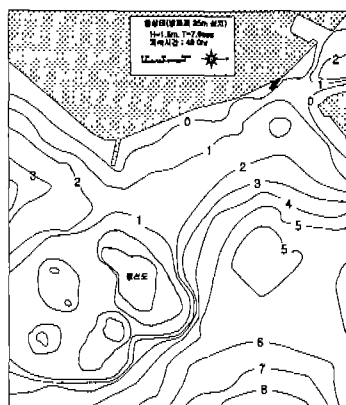
(a)



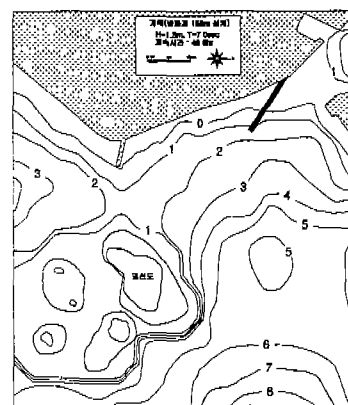
(b)



(b)



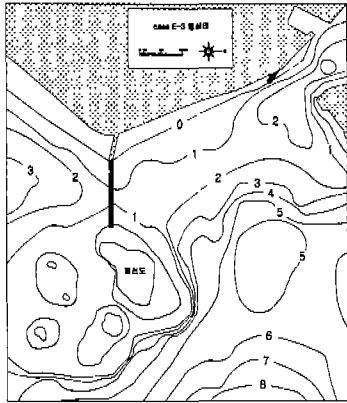
(c)



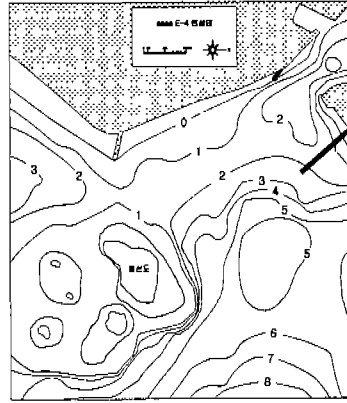
(c)

그림 3. case E-1 해저지형변화도

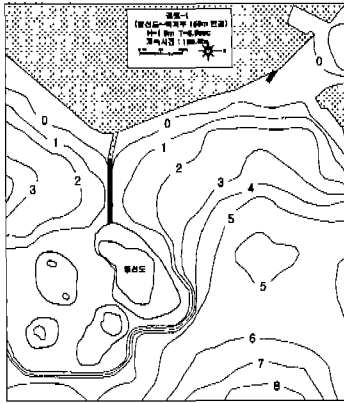
그림 4. case E-2 해저지형변화도



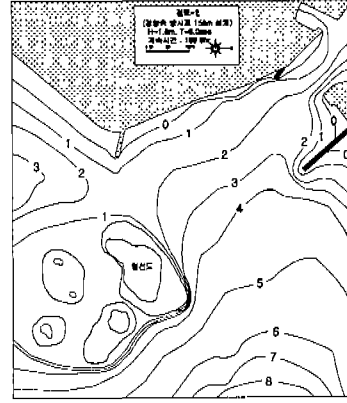
(a)



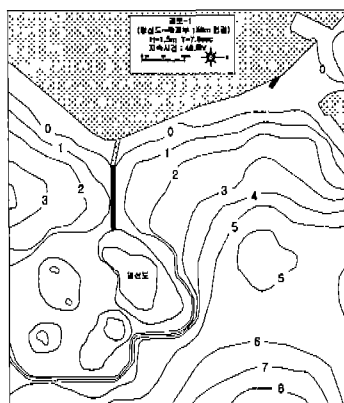
(a)



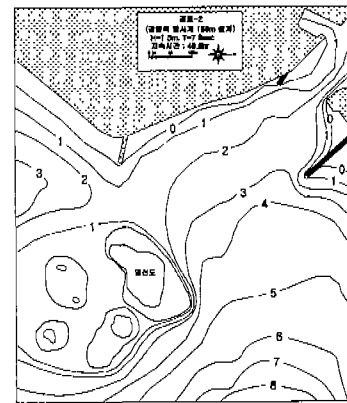
(b)



(b)



(c)



(c)

그림 5. case E-3 해저지형변화도

그림 6. case E-4 해저지형변화도

#### 4. 결론

하구를 동반하고 하구 주위에 섬과 해안구조물이 있는 실험대상영역에 E파향에 대한 실험 결과, 각 실험별(case E-1~3) 파고 1.5m 이상에서는 하구의 폐쇄가 일어남을 알 수 있다. 이는 현지에서 연간 4~5회 정도의 하구측의 준설공사가 시행되는 점을 비교해 볼 때 상당히 일치하는 것을 알 수 있다. 현재 건설예정인 해안구조물에 대한 실험(case E-2)에서는 E파향에 대해서는 표사이송을 제어하기 보다는 하구측으로 표사이송을 유도하는 결과를 초래했다. 따라서 case E-4 실험에서 보는 바와 같이 주변의 해저지형의 변화를 감소시키고 주파향에 대한 표사이동 경로를 제어할 수 있는 해안구조물의 정확한 위치 및 형태의 선정이 필요로 할 것이다.

#### 5. 참고문헌

- 1) 울산지방해양수산청 : 주전파랑관측결과 보고서, pp 8~84, 1999
- 2) Toru Sawaragi : 표사와 해안침식, pp 201~209, 1996
- 3) 유갑용 : 진해수욕장의 파랑과 해빈류에 관한 연구, pp 50~53, 1992
- 4) 박용철 : 해안구조물 건설에 따른 표사이동변화의 실험적 연구, pp 36~49, 1987