

# 슬릿형 해안구조물의 현장 적용성 분석

박상길\* · 이중우† · 강석진\*\* · 김석문\*\*\* · 길문모\*\*\*\*

\*,\*\*한국해양대학교 대학원 토목환경공학과, † 한국해양대학교 토목공학과 교수,

\*\*\*부만건설 대표이사, \*\*\*\*한국해양대학교 토목공학과

## Analysis of the Slit type Coastal Structures to the Field Application

Sang-Gil Park\* · Joong-Woo Lee † · Sug-Jin Kang\*\* · Suk-Moon Kim\*\*\* · Moon-Mo Gil\*\*\*\*

\*,\*\*,\*\*\*\* Department of Civil and Environmental Engineering, Korea Maritime University

† Department of Civil Engineering, Korea Maritime University

\*\* Buman Construction Co., Ltd.

**요약** : 최근 어항에도 친환경항만을 건설하기 위한 노력이 국제적으로 확산되고 있으며, 우리나라에서도 어항의 정비 및 재개발부분에서 적극적으로 수질개선을 위한 기술 적용이 본격화 되고 있다. 본 연구는 우리나라 남해의 소규모 어항 및 해수욕장에 슬릿형 해안구조물이 시공된 실해역의 실측자료와 수치해석을 통해 현장적용성의 분석을 수행하였다. 수치실험으로는 파랑작용 평행방정식을 이용하는 SWAN 모델을 구성하고 수리모형실험에서 분석된 실린더 슬릿형 방파제의 반사와 투과계수를 모델에 도입하였다. 수치실험은 한국해양연구원의 전해역 심해설계과 추정 보고서 II(2005)중의 심해설계과 제원을 사용하였으며, 대상해역의 1970년~2006년(37년간) 관측된 연최대 풍속자료를 이용하여 모델에 반영하였다. 실리항에서 S, SSE, SE계열의 파랑의 내습에 대한 분석을 수행하였으며, 그 결과 구조물이 항내에서 정온도가 유지되며 해수순환에도 이점이 있음을 현장관측 자료분석과 수치실험결과를 통하여 확인할 수 있었다.

**핵심용어** : 슬릿형 해안구조물, 심해설계과, 반사, 투과, 정온도, 수리모형실험

## 1. 서 론

소규모 어항의 기능은 연안어업활동 지원기지로서 잘 정비되어야 한다. 어촌주민의 생활 및 경제권의 중심지로서 지역사회발전의 핵심기반으로 도서·벽지어촌과 외부사회를 연결하는 교통·정보의 기능을 갖는다. 종래의 어항은 사람과 화물을 효율적으로 처리하려는 고유기능에 중점을 두어 발달되었기 때문에 어항의 평면 배치안에 따른 환경적인 변화를 고려하지 않았으며 이로 인해 어항의 개발은 일반적으로 해양생태계에 피해를 주었다. 그러나 이제는 사람과 해양생태계가 서로 공존하는 항만 즉 환경친화항만을 건설하려는 노력이 국제적으로 확산되고 있다. 환경친화항만의 구체적 개념은 자연과 조화를 이루어 생물이 살기 좋은, 그래서 자연을 훼손하는 것이 아니라 오히려 자연 환경을 창조함으로써 인간에게 쾌적감을 주고, 환경 부하가 적고, 환경 관리가 잘된 항이라 할 수 있다. 이를 실현하려면

어항을 개발할 때에 간석지나 조간대와 같은 해조류의 서식지를 보호하여야 하며 오염원이 항내로 유입되지 않고, 유입된 오염원이 잘 희석되도록 하기 위해서는 항내·외간에 해수교환이 잘 이루어지도록 하여야 한다.

따라서 본 연구의 목적은 소규모 어항에서 슬릿형 해안구조물의 현장적용성 분석을 구조물이 시공된 실해역의 실측자료와 수치해석을 통해 분석하여 슬릿형 구조물 설계시 기초자료를 제공하는데 있다.

## 2. 수치모델 기본이론

SWAN 모델에서 고려되는 전파과정(propagation processes)은 지리적 공간상의 전파, 수심과 흐름에 의한 굴절 현상(refraction), 수심과 흐름에 의한 천수 현상(shoaling), 방해물에 의한 전달 및 차단·반사(blocking and reflection), 지형과 공간에 대한 회절(diffraction)이다. 또한 모델은 바람에 의한 파랑에너지 생성, 백파에 의한 파랑에너지 소산, 수심 감소에 따른 쇄파에 의한 파랑에너지 소산, 저면 마찰에 의한 파랑에너지 소산, 파랑 상호작용(4파 또는 3파 비선형 상호작용)을 고려한다.

\* 대표저자 : sangila06@hanmail.net

\*\* Cooperation Author : ksone77@yahoo.co.kr

\*\*\* Cooperation Author : soehowlk@nate.com

\*\*\*\* Cooperation Author : peridot-kmm@hanmail.net

† 교신저자 : jwlee@hhu.ac.kr

파랑 스펙트럼의 발달은 파작용 평형방정식에 의해 기술된다.

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_x N}{\partial x} + \frac{\partial c_y N}{\partial y} + \frac{\partial c_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial c_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma}$$

위 식에서 좌변의 1항은 파작용 스펙트럼의 시간 변화량, 2항과 3항은 지리적 공간에서의 파동의 전파, 4항은 수심과 흐름의 변화에 의한 상대주파수의 천이, 그리고 5항은 수심과 흐름에 의한 굴절을 나타낸다. 선행과 이론에 의한 파랑의 전파속도는 아래와 같다.

$$c_x = \frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right] \frac{\sigma k_x}{k^2} + U_x$$

$$c_y = \frac{dy}{dt} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right] \frac{\sigma k_y}{k^2} + U_y$$

$$c_\sigma = \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left[ \frac{\partial d}{\partial t} + \vec{U} \cdot \nabla d \right] - c_y k \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial s}$$

$$c_\theta = \frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{k} \left[ \frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + \vec{k} \cdot \frac{\partial \vec{U}}{\partial m} \right]$$

여기서,  $s$ 와  $m$ 은 각각 파향선(wave ray)과 파향선에 직각인 좌표를 의미한다.

평형방정식의 우변은 원천항(source and dissipation)을 나타내며, 이는 파랑의 생성, 소산 및 비선형 상호작용에 의한 에너지 전달을 포함한다.

$$S = S_{in} + S_{ds} + S_{nl}$$

여기서,  $S_{in}$ 은 바람에 의한 에너지 유입,  $S_{ds}$ 는 파랑에너지의 소산,  $S_{nl}$ 은 비선형 파랑 상호작용을 나타낸다.

### 3. 수치모형수립

대상해역은 경상남도 남해군 미조면 송정리에 위치한 설리항이다. 설리항은 소규모 어항으로 어항활동의 변화 등 제반여건 변동으로 인해 최근 어항 개발이 진행 중이다.

대상해역의 영역은 광역과 세역으로 구분하였다. 광역은 심해설계파 추정보고서 지점 2곳을 포함하게 설정하였으며 세역은 설리항내를 중점적으로 수치모의 할 수 있게 구성하였다. 광역 파랑변형모형의 영역은 13km×8km로 설정하였으며, 이에 대한 격자간격은 20m로 구성하였다. 세역 파랑변형모형의 영역은 1.4km×1.1km로 설정하였으며, 이에 대한 격자간격은 2m로 하였다.

### 4. 실험조건

#### 4.1 수치실험조건

심해파조건은 한국해양연구원의 전해역 심해설계파 추정 보고서Ⅱ(2005)중의 심해설계파 제원을 채택하였으며, 풍속은 30년간(1976~2005, 여수기상대) 기상통계자료를 선정하였다(Table 1). 조위는 삭망평균만조위인 DL(+3.135m)를 적용하였다.

Table 1 Deepwater wave condition for design wave

파향	파고(m)	주기(s)	풍속(m/s)	격자점
S	6.16	11.87	26.4	067126
SSE	12.40	16.35	30.0	068126
SE	11.39	15.43	22.0	

설계파랑 실험은 심해설계파와 동시에 설계풍을 입력하여 수행하였고 이를 통해 방파제 전면의 설계파고를 예측하였다. Table 2와 같이 총 3가지 케이스를 수행하였고 다음과 같이 수행하였다.

Table 2 Cases for the numerical simulation

Case	내용
1	현상태 : 방파제 전면 설계 파고 추정
2	직립식방파제 건설시 주변 파고 추정
3	슬릿형방파제 건설시 주변 파고 추정

#### 4.2 현장관측조건

대상해역에 파고를 관측하였다. 파고계는 압력식 파고계를 사용하였다. 압력식 파고계의 특징은 Table 3과 같다. 관측위치는 슬릿형해안구조물이 시공된 실패역을 관측하기위해서 두 지점에서 동시에 파고를 측정하였다. 1번 파고계의 위치는 슬릿형해안구조물 전면에서 거리가 약 100m 지점이고, 2번 파고계는 구조물 전면에서 약 0.2m 지점에서 측정하였다.

Table 3 Specifications of Wave gauge

Pressure Range	0 ~ 50m
Accuracy	0.01% FS
Repeatability	0.005% FS
Hysteresis	0.005% FS
Tide Resolution	0.05mm
Pressure Output	Every 0.5sec, continuous
Wave Resolution	0.1cm

Fig. 1은 남해군 설리해수욕장에서 호안보호를 위해 설치된 슬릿형 해안구조물을 나타낸다.



Fig. 1 Adopted slit type seawall at Shelly beach

### 5. 실험결과

현장관측결과 다음과 같이 파고는  $H_{mean}$ 에서 22.2% 감소하였고, 주기는  $T_{mean}$ 에서는 큰 변화가 없었으나  $T_{1/10}$ 에서는 약 15.1% 증가하는 것으로 관측되었다.

Table 4 Observations of Wave height

Point	$H_{max}$ (m)	$T_{max}$ (sec)	$H_{1/10}$ (m)	$T_{1/10}$ (sec)	$H_{1/3}$ (m)	$T_{1/3}$ (sec)	$H_{mean}$ (m)	$T_{mean}$ (sec)	Depth (m)
1	0.57	8.03	0.49	7.21	0.39	7.28	0.27	7.34	8.76
2	0.44	7.67	0.37	8.3	0.3	8.16	0.21	7.31	4.32
비교 (%)	-22.8	-4.5	-24.5	15.1	-23.1	12.1	-22.2	-0.4	-

수치실험을 통해 방파제 건설전과 건설 후 방파제 형식이 직립식인 경우와 슬릿형인 경우로 나누어 실험하였다.

실험결과 외해에는 방파제의 반사파로 인해 파고가 약간 증가하였다. 항내에는 직립방파제보다 슬릿형방파제의 경우 약간 파고가 증가하였으나 정온도에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 또한 방파제건설로 인한 주변지역의 파의 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

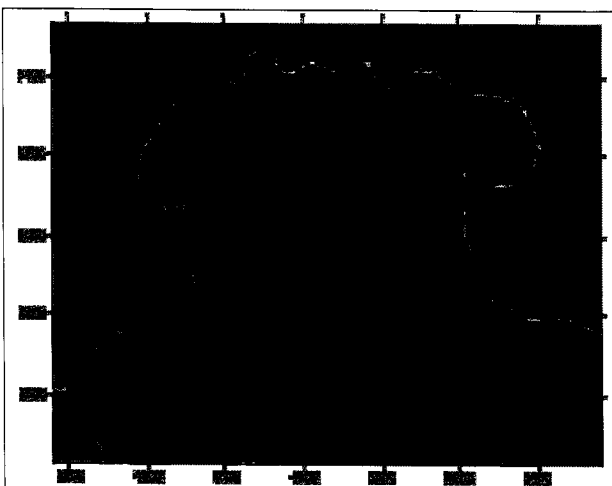


Fig. 2 Wave height after Upright B/W(S wave direction)

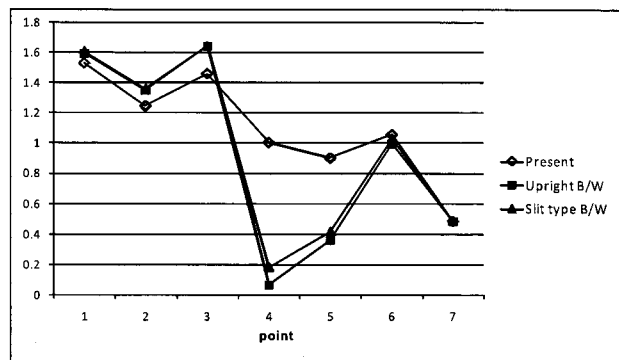


Fig. 3 Wave height of Port(S)

### 6. 결 론

대상해역은 주변의 섬들로 인해 파에너지가 감소하여 파고가 다소 낮은 편이다. SWAN을 이용한 광역해역과 슬릿형 호안 및 방파제를 세부해역에 도입하여 현장관측치와 비교하였다. 따라서 기존 방파제의 기능을 유지하면서 항내 해수교환에도 유리한 슬릿형 방파제의 건설이 유리할 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 남기대(2010), 실린더형 슬릿 방파제의 개발을 위한 실험적 해석, 공학석사 학위 논문
- [2] 신민철(2005), 천해역에서 SWAN 모형의 적용성 검토, 공학석사 학위 논문
- [3] 한국해양연구원(2005), 천해역 심해설계과 추정 보고서 II
- [4] 최영호(2002), 항내의 소규모 어항 평면 배치안에 관한 연구, 대한토목학회