

# SWAN 모형을 이용한 정방형 직교격자체계와 직교-곡선 격자체계의 비교 연구

## Comparison of Orthogonal Curvilinear Grid and Regular Grid Using SWAN Model

김호섭\*, 장창환\*\*, 김상택\*\*\*, 김형남\*\*\*\*

Hyoseob Kim, Changhwan Jang, Sangtaek Kim and Hyungnam Kim

### 요 지

본 연구는 동해안 속초항에 정방형 직교격자체계(Regular Grid)와 직교-곡선 격자체계(Orthogonal Curvilinear Grid)를 이용하여 SWAN 모형에 적용시켜 각 격자체계에 따른 파랑변형의 특성을 비교하는데 목적이 있다. 본 연구결과 북방파제가 연장 중인 방파제 선단에서 회절현상이 관측 되었으며, 속초 해수욕장 인근에서의 해안선 형상에 따라 굴절 효과로 인하여 입사 파랑의 벡터들이 해안선에 수직하게 입사되는 현상이 관측 되었고, 특히, 조도 주변에서 파랑의 굴절 효과와 차단효과를 관찰할 수 있다. 정방형 직교 격자체계와 직교-곡선 격자체계의 계산결과는 유사하나 직교-곡선 격자체계가 해안선에서 보다 정밀한 계산 값을 얻을 수 있었다. 하지만 직교-곡선 격자체계는 계산시간이 최소 4배 이상 증가하는 단점을 가지고 있다.

**핵심용어** : SWAN, Regular Grid, Orthogonal Curvilinear Grid

### 1. 서 론

해양 및 연안의 이용과 활동범위가 크게 신장되면서, 항만 및 해안개발 계획, 해안구조물의 설계 경제적인 해상활동 등에서 중요한 환경조건이 되는 파랑 특성에 대한 정확한 이해의 필요성이 증가하고 있다. 파랑은 바람에 의하여 발생하는 수면의 상·하 운동으로 매우 불규칙한 형태로 나타난다. 이는 무수히 많은 파들의 합성으로 나타나게 되는 것으로, 바람에 의해 생긴 수면상의 풍랑과 풍랑이 다른 해역까지 진행하면서 감쇠하여 생긴 너울을 말한다. 이러한 파고는 풍속 취수거리 그리고 시간 등에 의해 발생되며, 파장과 수심과의 관계에 따라 심해파, 천이역파, 천해파 등으로 구분된다. 심해에서 파의 발달과 진행은 주로 바람에 의하여 이루어지지만 천해역에서는 수심, 지형, 해류, 등의 영향과 국지적으로 발생하는 국지풍의 영향에 의해 나타난다.

특히, 파랑 관련 수치모형실험은 실제의 자연현상의 변수들을 최대한 유사하게 입력이 가능하고, 실제와 유사한 현상을 컴퓨터를 이용하여 인위적으로 발생시켜 물리현상을 검토할 수 있는 자연현상 해석 방법으로써 현재까지도 고급화된 기법을 추가하여 개발되고 있다.

본 연구는 동해안 속초항에 정방형 직교격자체계(Regular Grid)와 직교-곡선 격자체계(Orthogonal Curvilinear Grid)를 이용하여 SWAN 모형에 적용시켜 각 격자체계에 따른 파랑변형의 특성을 분석하였다.

## 2. 이 론

### 2.1 SWAN

SWAN(Stimulation Wave Nearshore)모델은 Delft University of Technology에서 개발한 파랑 수치 모델로서, 바람과 해저면 및 해류 조건 등을 고려하여 연안역, 호수 및 하구에서의 바람, 수심 및 해류조건으로부터 근해, 호수 및 강어귀에서 파랑의 특성인자를 계산한다. 이 모델은 파랑 전파 과정에서, 파랑의 공간상 직선전파, 수심과 조류의 의한 굴절, 수심과 조류에 의한 천해 현상, 반대 조류에 의한 파랑의 차단과 반사, 방해물에 의한 파랑의 전달 또는 반사를 고려 할 수 있다 (The SWAN Team ,2008). 파랑 스펙트럼의 발달은  $x, y$ 좌표계에서 식(1)파랑작용 방정식에 의하여 표현된다.

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial C_x N}{\partial x} + \frac{\partial C_y N}{\partial y} + \frac{\partial C_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial C_\theta N}{\partial \theta} = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

여기서, 제 1 항은 파랑의 밀도(Action Density)의 시간 변화량이며 제 2 항과 3 항은 지리적 공간에서의 파랑 전파, 제 4 항은 수심과 흐름의 변화에 의한 상대주파수의 천이 그리고, 제 5항은 수심과 흐름에 의한 굴절을 나타낸다.

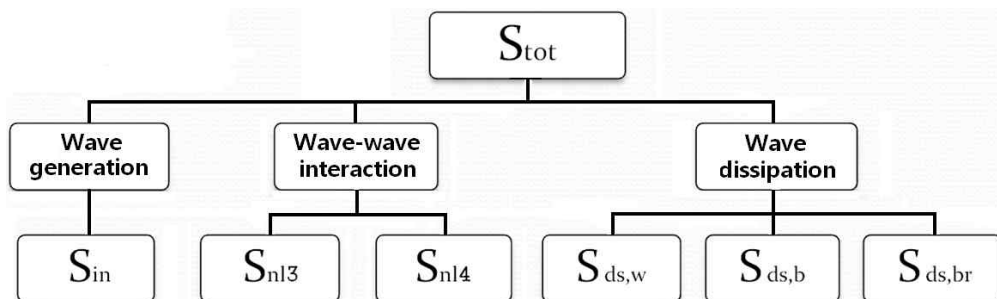


Fig 1. Six processes contribute to  $S_{tot}$

SWAN 모형 내에서 파랑의 발달 과정, 소산, 그리고 비선형 파랑간의 상호작용의 일반적인 물리적 개념들이 적용되었고, 다음과 같이 천해에서는 여섯 개의 과정들이 원천항  $S_{tot}$ 에 기여한다. Fig 1에서  $S_{in}$ 는 바람에 의한 파랑의 성장,  $S_{nl3}, S_{nl4}$ 은 각각 3파와 4파의 상호작용에 의한 파랑에너지의 비선형 전파,  $S_{ds,w}$ 는 백파에 의한 파랑의 감쇠,  $S_{ds,b}$ 는 해저면 마찰, 그리고  $S_{ds,br}$ 는 수심에 의한 쇄파이다.

### 2.2 격자체계

정방형 직교 격자체계(Regular Grid)와 직교-곡선 격자체계(Orthogonal Curvilinear Grid)에 대한 경우로 수치모형시스템을 수행하였고, 정방형 직교 격자체계는 CASE A 그리고 직교-곡선 격자체계는 CASE B로 정한다. 특히 직교-곡선 격자체계는  $x$ 축에 대하여  $\Delta x$ 는 일정하고,  $\Delta y$ 는 외해에서 육지 방향으로 축소되도록 하였다. 이는 수치모형시스템을 통하여 관찰해야하는 대상이 육지 경계에 가까운 곳 일수록 더욱 정밀해야 하기 때문이다.

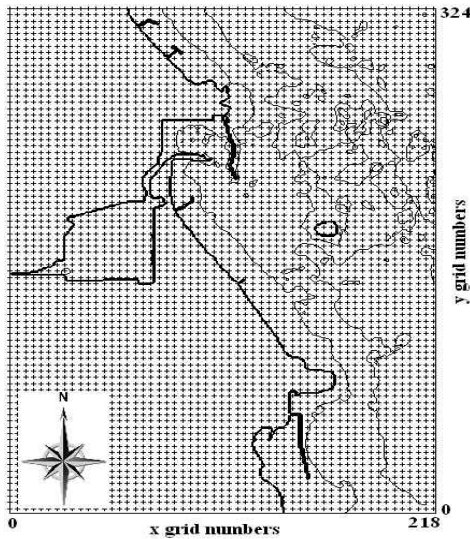


Fig 2. Regular grid of study area  
(CASE A)

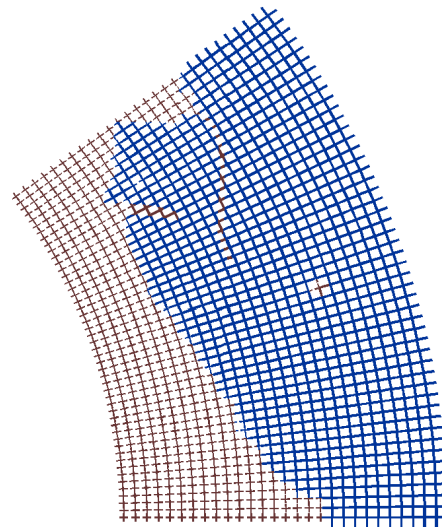


Fig 3. Orthogonal curvilinear grid  
of study area (CASE B)

### 3. 실험

#### 3.1 입력조건

사용되는 수심자료 국립해양조사원에서 취득한 광역 수치해도 (No. 134)로 축척이 1:10,000이고, 동서로 약 4.4 km와 남북으로 약 6.4 km 로 각 격자소의 크기는 20 m 정방형으로 나누었고, 직교-곡선 격자체계 (Orthogonal Curvilinear Grid)를 도입하였다.

입력 자료는 표 1에서 제시하였고 하계시 평균 유의파주기 (5.0 sec)를 기준으로 유의 파고인 (0.8 m)를 선정하여 해저면 경사와 함께 미공병단의 ACES 프로그램에 입력하여 외해 경계에 해당하는 수심에 대한 심해파랑 (1.4 m)을 산출하였다.

표 1. Input data for developed numerical modelling system

	Grid system	Number of grids	Wave direction	Wave height	Wave period
CASE A	Regular grid	$\Delta x = 218$ (20 m) $\Delta y = 321$ (20 m)	Summer: <i>E</i>	1.43 m	5.16 sec
CASE B	Orthogonal curvilinear grid	$\Delta x = 140$ (20 m) $\Delta y = 245$ (variety)			

### 3.2 수치모델적용 및 결과분석

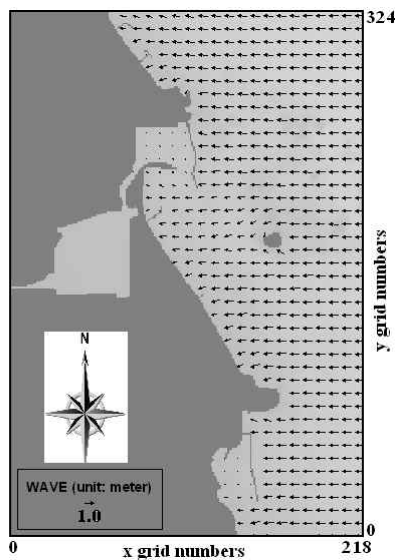


Fig 4. Wave vector distribution for regular grid (CASE A)

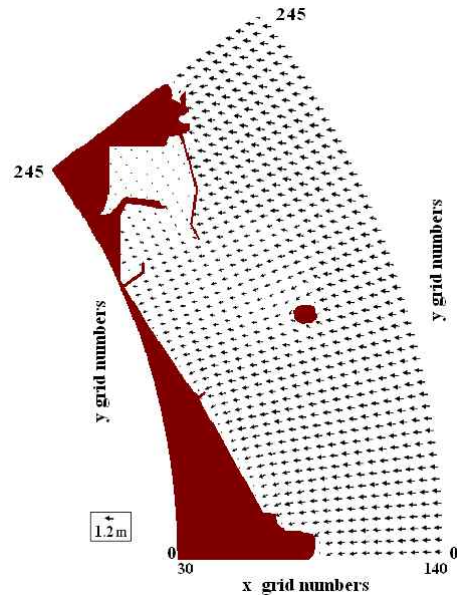


Fig 5. Wave vector distribution for orthogonal curvilinear grid (CASE B)

Fig 4는 직교격자체계를 사용한 파랑 변형에 대하여 vector 분포도를 보여준다. 북방파제가 연장 중인 방파제 선단에서 회절현상이 관측 되었으며, 속초 해수욕장 인근에서의 해안선 형상에 따라 굴절 효과로 인하여 입사 파랑의 벡터들이 해안선에 수직하게 입사되는 현상이 관측 되었고, 특히, 조도 주변에서 파랑의 굴절효과와 차단(blocking) 효과를 관찰할 수 있다. Fig 5의 직교-곡선 격자체계를 사용하여 계산된 결과들은 정방형 직교 격자체계와 계산결과는 유사하나 육지경계에서 보다 정밀한 계산 값을 얻을 수 있었다. 하지만 계산시간에서 정방형 직교 격자체계보다 CPU의 성능에 따라서 2배에서 격자소가 많을 경우 4배 이상이 차이를 보였다.

## 4. 결 론

SWAN 수치모델링을 사용해 직교격자체계 와 직교-곡선 격자체계에 따른 파랑 특성을 비교 분석해본 결과 파의 에너지가 높은 곳에서 낮은 곳으로 퍼져나가는 방파제 선단의 회절 현상과 파랑의 변형에 수심이 얇은 쪽으로 꺾이는 굴절효과를 관찰할 수 있었다. 직교-곡선 격자체계는 직교격자체계와 계산결과는 유사하나 육지경계에서 보다 정밀한 계산 결과를 얻을 수 있었지만 계산시간이 다소 느리다는 단점을 가지고 있었다.

### 감 사 의 글

본 연구는 해양환경보전기술개발 사업결과의 일부로서, 국토해양부의 지원에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. 김효섭, 박인보, 이예원, 김상택(2009). KU-WPAP과 SWAN을 이용한 해안구조물 인근의 파

- 랑특성, 한국해양과학기술협의회 공동학술대회, pp. 2428-2431
2. 장창환(2010). 비점작성 퇴적환경변화 예측기술개발, 박사학위논문
  3. The SWAN team(2008). SWAN Technical Documentation, Delft University of Technology