

SWAN을 이용한 파랑-바람 공존장에서의 파랑 특성에 관한 연구

† 정재훈* · 이승건**

*부산대학교 대학원, **부산대학교 조선해양공학과 교수

요약 : 파랑이 외해로부터 연안으로 내습하면서 발생하는 파랑 변형, 즉, 굴절, 회절, 천수 그리고 쇄파 등에 의한 변형을 일으킨다. 이러한 파랑변형을 일으키는 주된 물리적 인자는 수심의 변화이지만 태풍과 같은 강한 바람이 부는 해역에서는 바람인자를 반드시 고려해야만 한다. 본 연구에서는 바람효과가 고려된, 에너지 스펙트럼 모형(SWAN; Simulating Wave Nearshore)을 이용한 수치실험을 수행하였다. 그리고 해석해 및 Karlsson 모형에 대한 수치 해와 비교를 통해 모형의 검증 실시하였다. 또한 부산항 실 해역을 대상으로 태풍 매미 내습 시 입사 파랑 조건을 적용하였으며 실제 관측 치와 바람효과의 유무에 따른 수치 계산치를 비교한 결과, 바람효과를 고려한 계산결과가 실제 관측치와의 양호한 일치율을 나타내었다.

핵심용어 : 파랑변형, 바람효과, 에너지 스펙트럼 모형(SWAN), Karlsson 모형, 태풍 매미

1. 서론

불규칙한 파랑을 보다 정확히 해석하기 위해 통계적인 방법인 에너지 스펙트럼을 이용하는데, 본 연구에서는 비선형효과 및 바람효과가 고려된 에너지 스펙트럼 모형(SWAN)에 의한 수치계산을 통하여 기존 Karlsson 모형과 비교·검증하였으며 또한 부산 신항의 실 해역 적용을 통해 모형의 유효성을 평가하였다.

2. 파랑변형 모형

2.1 모형개요

SWAN 모형의 기본방정식은 식(1)과 같이 파의 작용평형 방정식을 사용한다.

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

$N(\sigma, \theta)$ 는 파랑에너지를 각주파수로 나눈 값으로 정의되며 σ 는 각주파수, θ 는 파향을 나타낸다. 그리고 C_x, C_y 는 각각 x, y 방향의 전파속도를, C_σ, C_θ 는 σ 와 θ 공간에서의 전파속도를 각각 나타낸다. $S(\sigma, \theta)$ 항은 에너지 원천(Source)으로서 바람에 의해 유입되는 에너지, 파와 저면의 상호작용 및 에너지 소산, 그리고 비선형 상호작용에 의한 에너지의 합을 의미한다.

3. 계산모형의 검증

3.1 검증 개요

Case별 수치실험을 통해 SWAN 모형의 굴절변형 및 회절

변형에 대한 파랑 특성을 고찰하였다. 또한, 파랑장에 미치는 바람효과의 정도를 평가하기 위해 일정수심과 협수로의 경우로 구분하여 수행하였다.

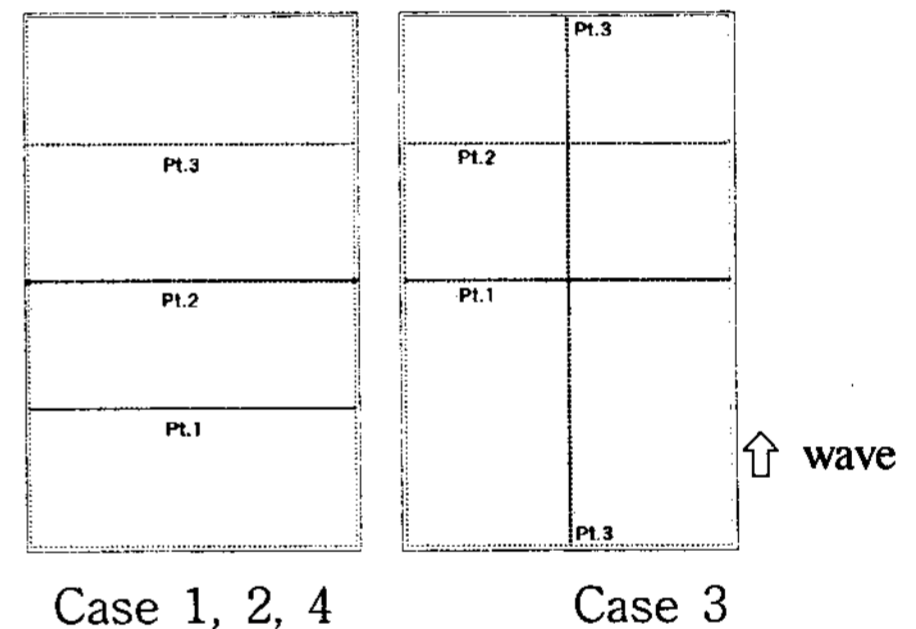


Fig. 2 Check line of Case 1~4

3.2 굴절변형 (Case 1)

굴절효과를 고찰하기 위해 협수로 지형에서 계산하였으며 두 모형의 계산결과를 비교하였다. 전반적으로 모형간 서로 유사한 전파양상을 나타내며 경사수심방향으로 굽어져 들어가는 굴절현상이 나타남을 알 수 있다.

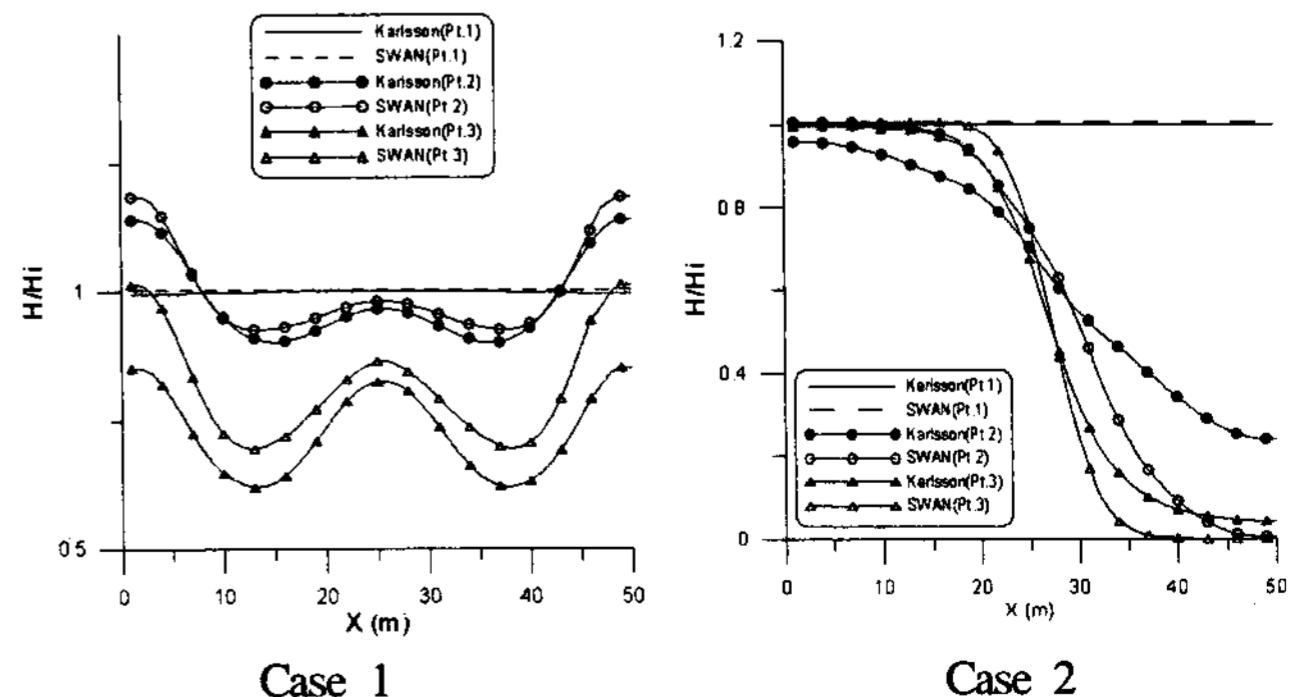


Fig. 3 Wave height along Pt.1~Pt.3 line

3.3 회절변형 (Case 2)

일정 수심에서 반무한방파제를 설치한 지형에 대해 수행하여 모형에 대한 회절효과를 비교한 결과, 회절효과의 정도의 차이는 있으나 유사한 양상을 보이고 있다.

3.4. 일정수심에서의 풍속에 따른 파고변화 (Case 3)

본 실험은 수심 50m의 일정한 수심 지형을 대상으로 풍속별 파고변화를 조사하였다. 풍향의 입력조건은 0°로 설정하였고 Fig.4에 풍속에 따른 파고변화가 점진적으로 일어남을 나타내고 있다.

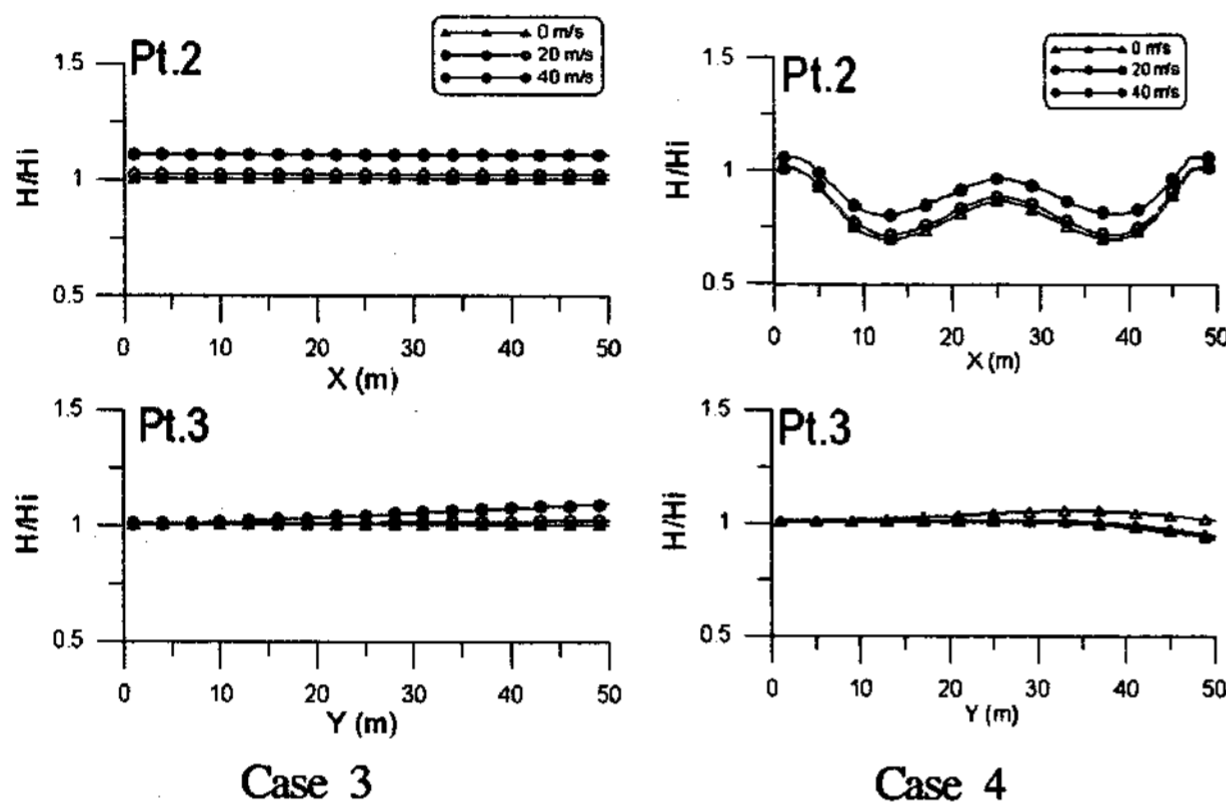


Fig. 4 Wave height along Pt.2 and Pt.3

3.5 협수로에서의 풍속에 따른 파고변화 (Case 4)

본 실험은 최대수심 50m, 최소수심 5m의 협수로를 대상으로 하여 풍속에 따른 파고변화를 산정하였다. 풍향은 0°로 설정하였으며 중앙 수로에서 좌우 급경사 지점으로 파랑이 굽어져 진행하면서 파고 감소를 보이거나 좌우 경계 부근에선 다시 파고 증가를 나타내고 있다.

4. 계산모형의 실험역 적용

4.1 계산개요

본 논문에서 사용된 SWAN 모형의 적용성을 검증하기 위하여 실험역인 부산 신항을 대상으로 적용하였으며 태풍매미 내습 시 바람자료와 파랑제원 Table 1과 같이 적용하여 실험을 수행하였다.

Table 1 Wave and wind condition (Typhoon MAEMI)

Grid No.	Date	Factor	Height	Period	Direction
6360	9월12일 22시 (2003년)	Wave	12.4m	14.9sec	S25° E
		Factor	Velocity		Direction
		Wind	35.6m/s		S14° W

4.2 계산결과

파랑 관측치는 부산 신항 내 5개의 관측 정점에서의 관측치와 SWAN 모형에 의한 계산치를 Table 2에 정리하였다.

Table 2 Comparison of observed and calculated value

Check point	Observed value (Hp,m)	Calculated value (Height ratio(H/Hp))	
		Without wind	With wind
DW	7.42	0.79	0.80
P4	7.46	0.85	0.87
P6	3.27	0.94	1.0
P7	2.53	0.94	1.04
P8	3.04	1.06	1.09

5. 결론

본 연구에서는 불규칙파 모형인 SWAN에 대한 모형 검증을 수행하고, 현장의 적용성을 알아보기 위해 실험역인 부산 신항을 대상으로 적용하였다. 태풍매미 내습 시 추산된 파랑 및 바람조건으로부터 관측치와 계산치를 비교한 결과, 실제 태풍매미 내습 시 관측치가 지형적 특성, 이상조위 그리고 반사파 등에 의해 계산치보다 관측치가 다소 높게 나타났으나 전반적으로 양호한 일치를 보였다.

따라서 본 연구에서 사용된 SWAN 모형은 실제해역에서 존재하는 바람효과를 고려함으로써 현실성 있는 파랑전파를 모의할 수 있으며, 또한, 향후 수심자료, 이상조위, 반사율 등이 충분히 고려된 파랑장 재현과 풍역 이동에 대한 바람장 해석을 통해 실험역에 적용함에 있어 더욱 정밀한 해석적 연구가 필요할 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] 오병철, 이길성(1999), 비선형 상호작용을 고려한 해양 파랑수치모형, 서울대학교, 300p.
- [2] 해양연구소(2005). 전 해역 심해 설계파 추정 보고서. 한국해양연구원, 302p.
- [3] Booij, N. B., Holthuijsen, L. H. and Ris, R. C. (1996). The "SWAN" wave model for shallow water, Proc. 25th Int. Conf. Coastal Engng., Orlando, pp. 668-676.
- [4] Karlsson, T.(1969). "Refraction of continuous ocean wave spectra", Proc. ASCE, Vol. 95, No. WW4, pp.437-448.