

# 남해안지역의 태풍으로 인한 이상조위 및 유속변화에 관한 연구

## A Study of Storm Surge and Tidal Current Induced by the Typhoon on the South Sea

강신중<sup>1</sup>, 신문섭<sup>2</sup>, 이정만<sup>3</sup>  
Kang Sin Jung<sup>1</sup>, Shin Moon Seup<sup>2</sup>, Lee Jeong Man<sup>3</sup>

### 1. 서 론

해수면은 여러 원인에 의해 변위를 일으키며 이러한 해면운동을 그 주기에 따라 분류를 하는데 일반적으로 주기가 20~30초 이상의 파랑을 장주기파라 한다. 이러한 장주기파는 항만 내에서 볼 수 있는 해면진동(부진동: secondary harbor oscillation), 해저 지진이나 화산폭발 등에 의해 일어나는 지진해일(tsunami), 태풍에 의한 폭풍해일(storm surge), 천체운동에 따른 주기적 해수면 변동을 하는 조석으로 분류되며, 조석과 같은 주기적 해면운동은 해수순환 및 갯벌 형성 등의 순기능을 하는 반면 지진 및 폭풍해일의 경우 연안 범람과 침수와 같은 연안 재해를 발생시키기도 한다.

특히 남해안 주변의 연안역 일대는 매년 태풍에 의한 막대한 피해를 입고 있으며, 1959년 14호 태풍 「Sarah」부터 1987년 5호 태풍 「Thelma」, 2002년 15호 태풍 「Rusa」, 2003년 14호 태풍 「Maemi」에 이르기까지 해를 거듭할수록 태풍 규모 및 재해규모 면에서 각종 기록을 경신하며 그 영향력이 커지고 있다.

본 연구는 지구온난화로 인해 태풍의 규모가 더욱 강력해지고 있는 기상상황 하에서 태풍내습으로 인한 재해예보 및 피해저감 방지 대책을 수립하는데 필요한 보다 정도 높고 다양한 기초자료를 제공하기 위해 기상조와 천문조를 동시에 고려한 수치계산을 통하여 태풍 「Maemi」 내습시 남해안지역의 유동변화 및 이상조위 등을 고찰하고자 한다.

기존의 연구는 지역적으로 연안역에 대한 연구 및 이상조위(수직운동)에 대하여만 수행되어 왔으나, 본 연구에서는 태풍시 유동변화(수평운동)를 분석하여 태풍내습시 해수순환 및 국부세굴 등에 대한 향후 연구의 기초자료를 제공하고자 한다.

### 2. 연구 내용

본 연구는 태풍내습으로 인한 재해예보 및 피해저감 방지 대책을 수립하는데 필요한 보다 정도 높고 다양한 기초자료를 제공하기 위해 한반도(남해안)에 많은 영향을 미쳤던 태풍 「Maemi」 내습시의 기상 및 조석자료를 이용하여 천문조 및 기상조를 동시에 고려할 수 있는 수치모델인 Mike21의 HD모듈(Hydrodynamic Module)과 CYWIND 모듈을 이용하여 태풍으로 인한 남해안지역의 유동변화 및 이상조위 등을 고찰하였다.

유동모델 계산결과를 주요대상지역(부산, 마산, 통영, 거문도)의 관측자료와 비교하여 유동장 재현을 검증하였으며 태풍내습시의 유동 및 조위변화를 분석하기 위해 일본 기상청(JMA Japan Meteorological Agency)에서 관측한 관측기록(이동경로, 최대풍속, 반경, 기압)을 기초로 바람 및 기압장을 생성하였고, 이를 기 검증된 유동장에 적용하여 태풍내습시 유동변화와 이상조위에 대한 분석을 하였다. 이상조위의 계산결과는 국립해양조사원의 1시간 검조기록과 비교

1 (주)세광종합기술단 해안개발연구소 연구원  
2 군산대학교 토목환경공학부 교수  
3 (주)세광종합기술단 해안개발연구소 책임연구원

검증하였다.

### 3. 모델수립 및 검증

#### 3.1 적용모델의 지배방정식

##### 3.1.1 Mike21 HD Module

본 연구에 사용하는 해수유동 모형은 하구, 만 그리고 연안지역에서 바람마찰과 기압의 영향을 고려하여 수위변화와 흐름을 모의하는 수치모형으로 비정상 상태의 수심 평균된 2차원 흐름을 재현하는 프로그램인 Mike21 HD Module을 이용하였다.

연속방정식 :

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$$

X 방향의 운동방정식 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv = \\ -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + A_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\tau_x}{h} + \frac{\gamma_w V V_x}{h} \\ - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (P_a) \end{aligned}$$

Y 방향의 운동방정식 :

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu = \\ -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + A_h \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\tau_y}{h} + \frac{\gamma_w V V_y}{h} \\ - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (P_a) \end{aligned}$$

여기서,  $\gamma_w$  : 바람마찰계수

$V, V_x, V_y(x, y, t)$  : x, y 방향의 풍속

$P_a(x, y, t)$  : 대기압

##### 3.1.2 Mike21 CYWIND Module

본 Module은 태풍의 이동경로, 관측기록과 수심장을 이용하여 이동경로에 따른 시계열별 바람장 및 기압장을 재현하는 Parameter Model 로써, 입력 Parameter는 경로에 따른 발생시간, 좌표, 최대풍속, 반경, 중심기압, 대기압이 사용된다.

태풍에 의해 생성되는 바람장은 회전성분 속도와 이동성분 속도로 구분되어 산정되며, 태풍 중심점부터 거리 R에서

$$V_r = V_{\max} \cdot \left( \frac{R}{R_m} \right)^7 \cdot \exp\left(7\left(1 - \frac{R}{R_m}\right)\right) \text{ for } R < R_m$$

$$V_r = V_{\max} \cdot \exp\left((0.0025R_m + 0.051)\left(1 - \frac{R}{R_m}\right)\right) \text{ for } R \geq R_m$$

$$V_t = -0.5 V_f \cdot (-\cos(\phi))$$

$$V = V_r + V_t$$

$$P = P_c + (P_n - P_c) \cdot \exp\left(-\frac{R_m}{R}\right)$$

로 산정된다.(DHI, 2001)

여기서,

R : 반경(km)

Rm : 최대풍속 반경(km)

Vf : 이동속도(m/sec)

Vmax : 최대풍속(m/sec)

Vr : 태풍반경 R의 회전성분 속도(m/sec)

P : 태풍 반경R의 기압(hPa)

Pc : 중심 기압(hPa)

Pn : 외부 기압(hPa)

$\phi$  : 최대바람선과 태풍중심이 이루는 각

#### 3.2 계산결과 및 검증

먼저 비태풍시의 유동모델수립 후 유동장에 대한 주요 관측지점의 관측자료와 검증을 하였으며, 기 검증된 유동장에 태풍의 이동에 따른 기압 및 바람장을 생성하여 태풍내습시의 유동장을 재현하였다.

태풍내습시에 대한 검증은 국립해양조사원에서 관측한 1시간 조석관측 자료를 이용하여 태풍내습시의 이상조위와 위상을 비교·검증을 하였다.

##### 3.2.1 해수유동모델 검증

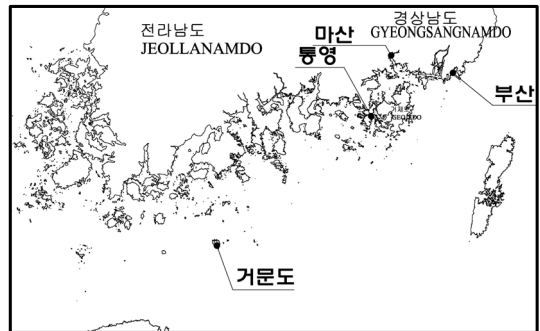


Fig. 1. 조위 관측지점 위치도

Table 1. 관측조위 조석조화상수

비교 지점	부산		마산		통영		거문도	
조화상수 분조	H (cm)	Phase (°)	H (cm)	Phase (°)	H (cm)	Phase (°)	H (cm)	Phase (°)
	M <sub>2</sub>	40.0 232.8	58.2 241.4	79.6 248.4	89.7 269.8			
	S <sub>2</sub>	18.9 261.3	27.6 268.6	37.0 275.9	40.1 294.7			
	K <sub>1</sub>	4.4 137.1	8.1 157.1	14.7 172.6	23.4 193.0			
	O <sub>1</sub>	1.6 112.2	4.4 131.7	9.7 149.4	16.8 171.2			

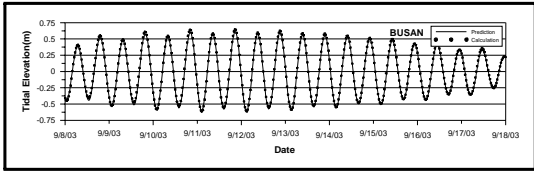


Fig. 2. 부산 조위 및 위상비교

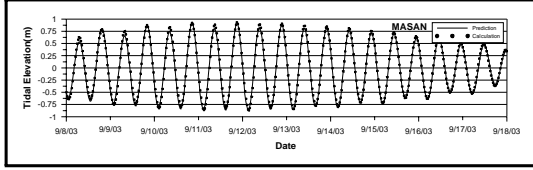


Fig. 3. 마산 조위 및 위상비교

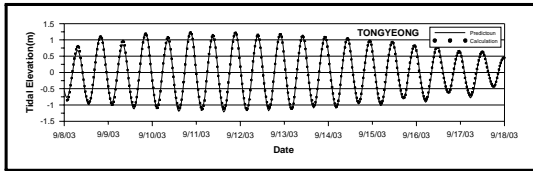


Fig. 4. 통영 조위 및 위상비교

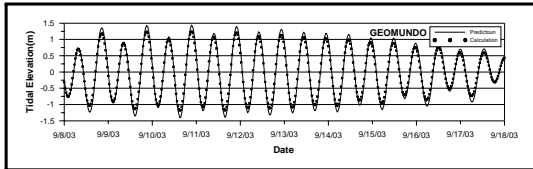


Fig. 5. 거문도 조위 및 위상비교

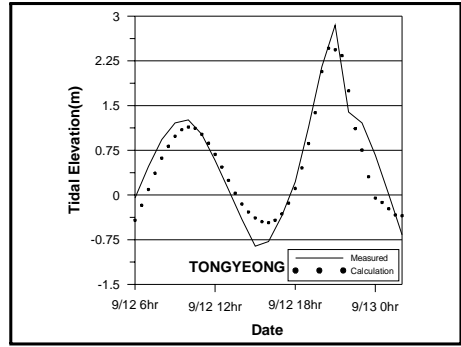


Fig. 8. 태풍내습시 통영 조위 및 위상비교

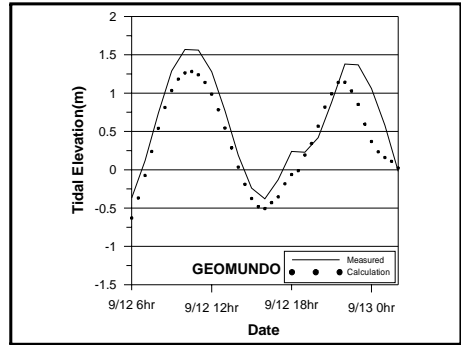


Fig. 9. 태풍내습시 거문도 조위 및 위상비교

### 3.2.2 태풍내습시 모델 검증

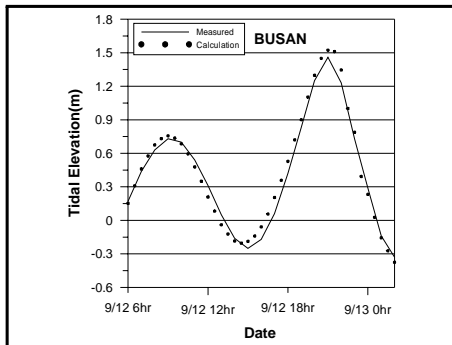


Fig. 6. 태풍내습시 부산 조위 및 위상비교

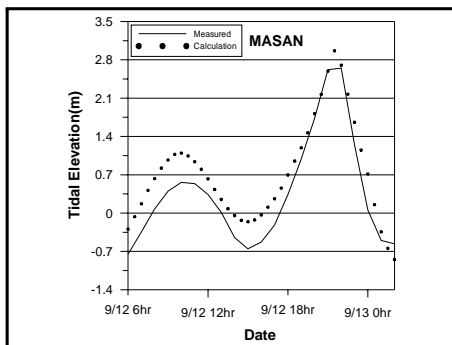


Fig. 7. 태풍내습시 마산 조위 및 위상비교

### 3.2.3 태풍내습에 의한 유속변화

태풍이 내습하면 기압 및 바람에 의한 이상조위 이외에 조류의 흐름에도 많은 영향을 미치게 된다. 기존의 연구가 이상조위에 대해 초점을 맞춰 이루어지면서 흐름의 변화에 대해서는 연구가 이루어지지 않았다. 본 연구에서는 태풍내습으로 인한 유속변화를 고찰하여 보기로 한다.

다음의 <fig 10.><fig 11>은 태풍과 비태풍시의 유속차(유속차 = |태풍내습시유속-비태풍시유속|)분포를 나타낸 것이다.

유속분포 변화를 살펴보면 태풍의 위치에 따른 바람방향과 조류의 흐름방향에 따라 유속의 변화가 심한 것을 알 수 있다. 남해안지역의 흐름유형은 창조시 동에서 서쪽으로 낙조시 서에서 동쪽에서의 흐름을 나타내며, 태풍의 바람은 반시계방향으로 불게 된다. 이에 따라 남해안지역에 태풍 「Maemi」가 접근하면서 바람에 의해 유속이 증가하였고, 창조시의 흐름과 바람방향의 일치에 의해 유속증가가 가속화 되었다. 태풍이 지나가면서 지역적으로 바람의 방향이 바뀌며 유속증가세가 둔화 되었고, 태풍이 빠져나간 후 점점 정상상태로의 수렴을 보이기 시작하였다.

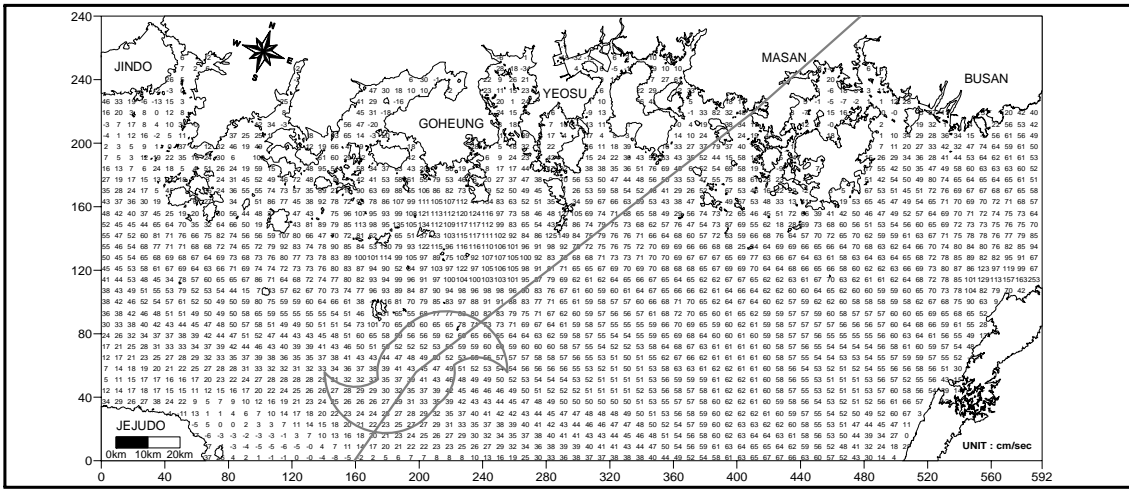


Fig. 10. 태풍과 비태풍시의 유속차 - 2003/9/12 18:00(단위:cm/sec)

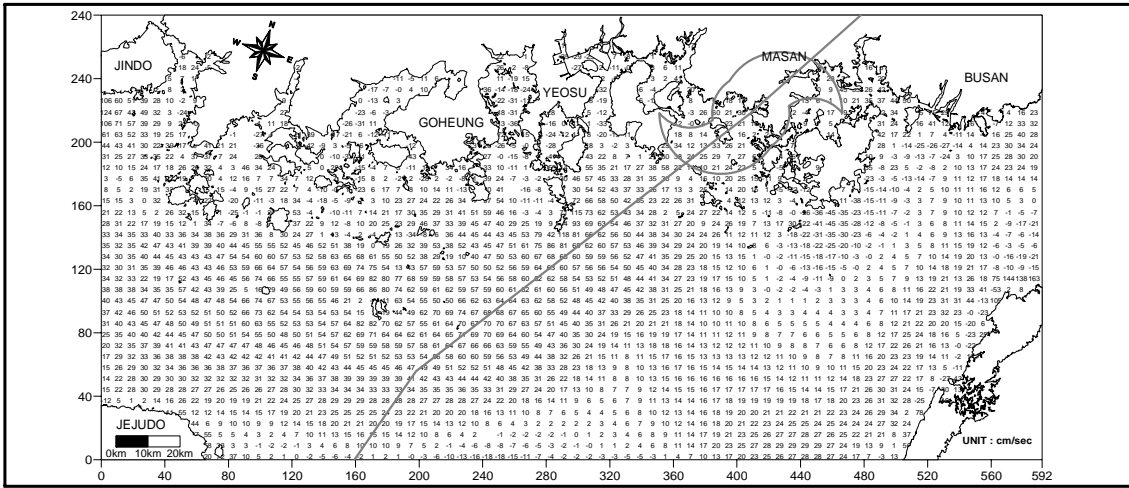


Fig. 11. 태풍과 비태풍시의 유속차 - 2003/9/12 21:00(단위:cm/sec)

#### 4. 결 론

본 연구는 태풍내습시 이상조위 및 유동장의 변화를 검토하기 위해 천문조와 기상조를 동시에 고려한 수치모델실험을 실시하였고, 관측치와의 비교를 통해 모델을 검증하였으며 태풍 내습으로 인한 유속변화양상에 대하여 고찰하였다.

대상해역의 유속변화는 태풍의 이동경로를 기준으로 서측영역이 풍향과 유향의 일치로 인해 태풍에 의한 유속의 증가가 지속되었으며, 동측영역은 풍향과 유향의 불일치로 인해 유향이 바뀌는 동안 유속의 감소를 보이다가 유향의 일치시점부터 유속이 증가하였다.

태풍내습으로 인한 유속분포의 변화는 태풍의 이동경로와 내습시기에 따라 차이를 보일 수 있으며, 유속변화에 영향을 미치는 가장 지배적인

요인은 풍속과 풍향인 것으로 판단된다.

본 연구는 태풍내습시 이상조위 및 유동변화에 대한 분석을 통해 태풍내습으로 인한 재해예보 및 피해저감 방지 대책 수립에 보다 다양한 기초 자료로 활용하고자 한다.

#### 참고문헌

- 한반도 해역의 고파, 폭풍해일 워크숍 논문집 한국해양과학기술학회
- 강시환, 전기천, 방경훈, 박광순, 2002, 한반도 주변 해상에서의 태풍폭대풍에 대한 경험적 관계식, 한국해양학회 논문집 제13권 제2호 pp.316 ~ 320
- 강주환, 문승록, 오남선, 2005, 서남해안의 해수면 상승, 대한토목학회논문집 제25권 pp. 151 ~ 157
- 허동수, 엄경선, 김지민, 김도삼, 배기성, 2006, 부산연안에서 폭풍해일고의 추정, 한국해양학회지, 제20권 제3호, pp37 ~ 45