

## 태풍 데이터베이스 구축을 위한 모의 태풍 발생 연구

### Study on the synthetic typhoon generation for the construction of typhoon database

윤종태<sup>1</sup>, 천제호<sup>2</sup>, 안경모<sup>3</sup>

Jong-Tae Yoon<sup>1</sup>, Jeho Chun<sup>2</sup> and Kyungmo Ahn<sup>3</sup>

#### 1. 서 론

일반적으로 방파제 등과 같은 항만 구조물을 설계할 때에는 구조물의 내용연수(service lifetime)을 50년으로 보고, 설계하게 되며, 설계 인자로 50년의 재현 주기를 가지는 극한 유의 파고 또는 극한 해수면 높이 등이 사용되어 진다. 보통 이들 설계 인자들은 관측 자료 또는 수치모의 실험을 통해서 산정되는데, 이는 지난 50년 동안 특정 확률로 발생한 사상(event)이 미래에도 동일한 확률로 발생한다는 가정에 근거하고 있다.

기후 변화 등의 영향으로 인해, 한반도 주변의 극한 유의파고 또는 극한 해수면의 높이 등이 점차적으로 증대될 것으로 예상되고 있는데, 특히 북서 태평양에서 발생하는 태풍의 강도는 점차적으로 증대되는 것으로 예상되고 있다(이동영 등, 2005). 이에 비례하여, 한반도에 영향을 미칠 태풍의 강도 또한 증가할 것이다. 태풍의 강도가 증가하게 되면, 그 만큼 태풍의 극한 유의파고와 극한 해수면의 높이 또한 증가하게 된다.

이에 본 연구에서는 부산 지역을 중심으로 통계적인 방법으로 부산항에 영향을 미칠 가상의 태풍을 만들어 미래에 발생할 태풍이 부산에 미치는 영향을 조사하였다. 부산은 대한민국의 대표적인 해양 도시이자 항만, 물류 도시로 본 지역은 동해안과 달리 태풍의 영향이 지배적이어서 본 연구 대상지로 선정하였다.

본 연구로부터 얻어진 가상 태풍 자료는 부산

에서의 태풍 위험도를 평가하는 자료로 활용될 것이다.

#### 2. 모의 태풍 발생 기법

##### 2.1 James and Mason (2005)의 연구

James and Mason(2005)은 ARMA 모형을 이용하여 호주에 상륙하는 태풍(Cyclone) 등을 생성해 내었는데, 그 식은 다음과 같다.

$$\Delta x_t = a_0 + a_1 \Delta x_{t-1} \quad (1)$$

$$\Delta y_t = b_0 + b_1 \Delta y_{t-1} \quad (2)$$

$$\Delta p_t = c_0 + c_1 \Delta p_{t-1} \quad (3)$$

여기서,  $\Delta x_t$ ,  $\Delta y_t$  :  $t$  번째 time step에서  $x$  및  $y$  방향으로의 증가량,  $\Delta p_t$  :  $t$  번째 time step에서의 하강 기압(pressure drop),  $a_0$ ,  $a_1$ ,  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $c_0$ ,  $c_1$  : 계수

James and Mason(2005)에서는 호주에 상륙한 과거 태풍 자료들을 이용하여 위의 식 (1) ~ (3)에서의 계수 등을 산정하였다.

##### 2.2 모의 태풍 발생 연구

본 연구에서는 James and Mason(2005)의 것과 유사한 방법으로 부산에 영향을 미친 태풍들을 모의 발생하였다.

본 연구에서는 사용한 수식은 다음과 같다.

$$x_t = x_{t-1} + r_{t-1} \cos \theta_{t-1} \quad (4)$$

$$y_t = y_{t-1} + r_{t-1} \sin \theta_{t-1} \quad (5)$$

1 발표자: 경성대학교 토목공학과 교수

2 한동대학교 건설환경연구소 연구원

3 한동대학교 공간환경시스템 공학부 교수

$$r_t = \alpha_0 r_{t-1} + \alpha_1 + \epsilon_r \quad (6)$$

$$\theta_t = \beta_0 \theta_{t-1} + \beta_1 + \epsilon_\theta \quad (7)$$

여기서,  $x_t, y_t$  : time step  $t$  에서의 위치 좌표,  $r_t$  : time step  $t$  에서의 이동 거리,  $\theta_t$  : time step  $t$  에서의 방향각,  $\epsilon_r, \epsilon_\theta$  : 이동 거리 및 방향각에서의 잔차량(residual)이다.

시간에 따른 압력 강하는 James and Mason (2005)의 것과 같은 수식을 이용하여 모델링하였다.

본 연구에서도 식 (6), (7)에서의 계수들을 과거의 태풍 자료를 이용하여 산정하였다. 본 연구에서는 일본 기상청 산하 기관인 RSMC Tokyo로부터 다운로드 받아 사용하였다. 식 (6), (7)에서 잔차량 값  $\epsilon_r, \epsilon_\theta$  은 MCMC(Markov Chain and Monte Carlo) 기법을 이용하여 산정하였다.

RSMC에 의하면, 1951년부터 2007년까지 1,515개의 태풍이 북서태평양에서 발생하였지만 이들 태풍 중 일부만이 부산항에 영향을 미쳤으므로 부산항에 영향을 미친 태풍들을 선정할 필요가 있다. 통상적으로는 부산항과의 거리를 기준으로 태풍을 선정하지만, 본 연구에서는 태풍에 의한 유의파고를 기준으로 부산항에 영향을 미친 태풍들을 선정하였다.

본 연구에서는 Bretschneider(1990)의 파라메타 모형을 이용하여 각각 태풍에 의한 유의파고를 산정하였다. 본 파라메타 모형은 오직 바람장만을 고려하기 때문에, 실제 유의파고에 비해서 과대 산정하는 경향이 있긴 하지만, 빠른 시간 내에 태풍에 의한 유의파고를 산정할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 Bretschneider(1990)의 파라메타 모형으로부터 나온 유의파고가 4.16 m 이상인 태풍을 선정하였다. 이의 근거는 천제호 등 (2009)의 극치 분석에 의하면, 1년 재현 주기를 가지는 유의파고 크기는 4.16 m로 나타나고 있다.

이에 의해 선정된 태풍의 개수는 68개로, 이들의 궤적들을 다음의 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 빨간 선은 태풍들의 궤적을 나타내고 있다.

### 2.3 계수 산정

본 연구에서는 Robust Regression Analysis를 이용하여 식 (3), (6), (7)의 계수를 산정하였다.

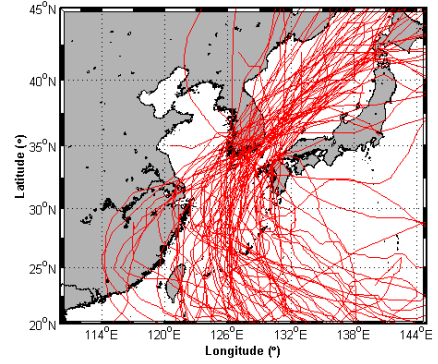


Fig. 1. Best track of typhoons used in the present study.

식 (3), (6), (7)에서의  $\Delta p_{t-1}$  와  $\Delta p_t$ ,  $r_{t-1}$ 와  $r_t$  및  $\theta_{t-1}$  과  $\theta_t$  등의 관계를 다음의 Fig. 2 ~ Fig. 4에 나타내었다.

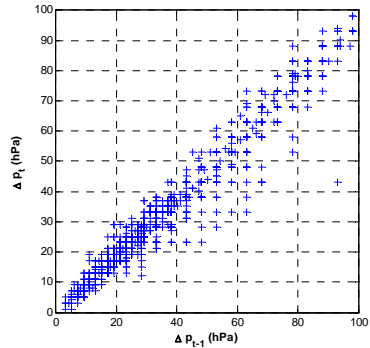


Fig. 2. Scattering diagram of  $\Delta p_{t-1}$  and  $\Delta p_t$ .

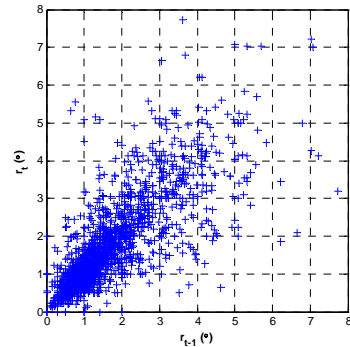


Fig. 3. Scattering diagram of  $r_{t-1}$  and  $r_t$ .

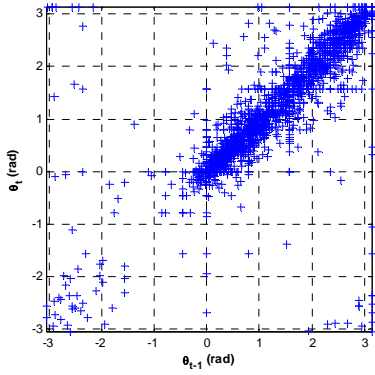


Fig. 4. Scattering diagram of  $\theta_{t-1}$  and  $\theta_t$ .

## 2.4 잔차량 $\epsilon_r, \epsilon_\theta$

본 연구에서는 식 (6)과 (7)의 잔차량  $\epsilon_r$  과  $\epsilon_\theta$  가 정규분포를 따른다고 가정하고, MCMC 기법을 이용하여 이들을 생성하여 수치모의 실험에 반영하였다.

본 연구에서는 MCMC 기법의 sampler 로 Metropolis-Hastings sampler 를 사용하였다. 이는 MCMC 기법의 일반적인 sampler 이다. MCMC 기법은 Markov chain 에 근거하여, 확률밀도 함수가 주어져 있을 때 sample 을 추출하는 기법 중의 하나이다.

## 2.5 최대 풍속

여러 연구자들(Holland, 1980, Kumar et al., 2003, Natarajan and Ramarmurthy 1995)에 의해 최대풍속을 압력 강하의 함수로 나타내려는 시도가 있었다.

본 연구에서는 Robust Regression Analysis 를 실시하여 부산항에 영향을 미친 태풍들의 최대 풍속을 다음과 같이 산정하였다.

$$V_{\max} = 7.53(\Delta p)^{0.59} \quad (8)$$

여기서,  $V_{\max}$  : 최대 풍속

## 3. 모의 태풍 발생

본 연구에서는 앞서 말한 기법을 이용하여, 실제 발생한 태풍의 모의 발생을 실시하였다.

본 연구에서는 T0314 Maemi 와 T5914 Sarah 때의 초기각도와 초기 이동 거리를 앞서의 기법에 적용하여 태풍 모의 발생을 실시하여, 다음의

Fig. 5와 Fig. 6 에 나타내었다.

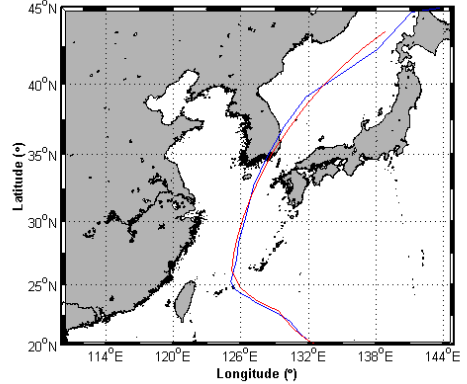


Fig. 5. Comparison of track between the real typhoon and simulated typhoon for T0314 Maemi.

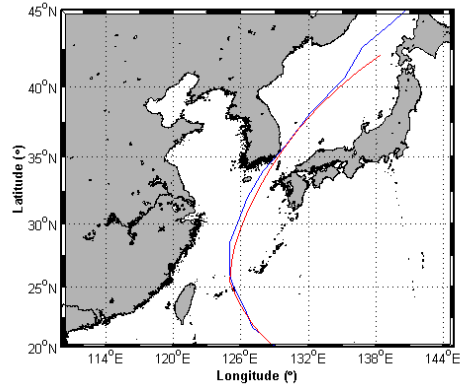


Fig. 6. Comparison of track between the real typhoon and simulated typhoon for T5914 Sarah.

위의 Fig. 5 와 Fig. 6에서 파란 선은 태풍의 실제 궤적을 나타내고, 빨간 선은 본 연구 결과로 얻은 태풍의 궤적을 나타내고 있다.

본 연구 결과 얻은 태풍의 궤적이 실제의 것에 잘 맞는 것을 볼 수 있다.

## 4. 결 과

본 연구에서는 ARMA 모형을 이용하여 시계열의 태풍 데이터베이스를 구축하는 방법을 연구하였다. ARMA 모형을 구성하기 위해서는 계수들이 필요한데, 본 연구에서는 James and Mason(2005) 과 같이, 과거의 태풍 자료로부터 이들 계수들을 산정하였다. 본

연구에서는 일본 기상청 산하 기관인 RSMC 의 자료를 사용하였다.

본 연구에서는 실제 태풍 T0314 Maemi 와 T5914 Sarah 의 초기각도와 초기 이동거리를 적용하여, 실제 태풍을 모의 발생하였다. 본 연구에서 모의 발생한 태풍을 실제의 것과 비교해 본 결과, 잘 일치하고 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 지역특성화연구개발사업 (C105E1020001-06E020200210)의 지원을 받았습니다.

### 참고문헌

이동영, 전기천, 강시환, 박광순, 김상익, 심재설, Chu, Pao-Shin, 2005, 천해역 심해설계과 추정 보고서 II, BSPE95100-1767-2, 한국해양연구원.  
천제호, 안경모, 윤종태, 서경덕, 김문기, 2009, 부산 파랑관측 자료의 극치 분석 및 태풍 파랑 수치모의 실험, 대한토목학회 발표 논문집.

Bretschneider, C.L., 1990, Tropical cyclones, Handbook of coastal and ocean engineering 1, 249~370.  
Holland, GJ., 1980, An analytic model of the wind and pressure profiles in hurricanes, Monthly weather review 108, 1212~1218.  
Kumar, S., Mandal, S. and Kumar, K.A., 2003, Estimation of wind speed and wave height during cyclones, Ocean Engineering 30, 2239~2253.  
James, M.K. and Mason, L.B., 2005, Synthetic tropical cyclone database, Journal of waterway, port, coastal and ocean engineering, 131(4), 181~192.  
Natarajan, R. and Ramamurthy, K.M., 1995, Estimation of central pressure cyclonic storms in the Indian seas, Indian journal of Meteorology, Hydrology and Geophysics 26, 65~66.