조석과 계절풍을 고려한 EST에 의한 동해연안의 극치해면 산정 Estimation of Extreme Sea Levels with Consideration of Tide and Monsoon by Using EST at the East Coast

강주환* · 김양선* · 박선중** · 심재설***

Ju Whan Kang*, Yang Seon Kim*, Seon Jung Park** and Jae-Seol Shim***

요 지 : 극치해면 추정을 위해 EST기법을 동해연안에 적용하였다. 과거 60년간 발생한 TY급 태풍 51개에 의한 해일고를 ADCIRC모형으로 계산하여 트레이닝세트에 포함하였고, 태풍을 제외한 매년 발생하는 최대해일고를 계절풍에 의한 것으로 간주하여 계절풍에 따른 해일고도 응답벡터로 설정하였다. 조위조건을 입력벡터에 포함시켜 태풍시에는 고·저조 조건을 포함시켰으며 계절풍시에는 대·소조 조건을 입력벡터에 반영하였다. 이때 두 경우 모두 연주조를 감안하여 응답벡터를 작성하였다. 적용결과를 기존연구와 비교한 결과 정 등(2008)의 결과와 거의 일치하고 있어 본 방법의 적합성을 입증할 수 있었다.

핵심용어 : EST기법, 극치해면, ADCIRC, 계절풍, 조석, 동해연안

Abstract : EST has been applied to the East Coast to estimate extreme sea levels. Surge heights induced by 51 typhoons which have occurred last 60 years were calculated by ADCIRC model. The training set which is consist of surge heights by both typhoon and monsoon was constructed. The maximum surge height of the year excluding the one by typhoon is considered to be the surge height by monsoon. High/low tide conditions and spring/neap tide conditions were considered for constructing input vectors of typhoon and monsoon, respectively. The annual tide is also considered in response vectors for each case. The result is in accord with Jeong et al. (2008), which implies validity of the present study.

Keywords : EST, extreme tidal level, ADCIRC, monsoon, tidal condition, the East Coast

1. 서 론

극치해면 추정은 해안방재의 주요 관심사로서 과거에는 설계폭풍을 설정하여 해석하는 방법과 과거사상을 확률분포함수법과 같은 모수적 방법으로 해석하는 방법 등이 주로 사용되었다. 그러나 한 개의 사상이 태풍특성변화를 모두 감당할 수 없다는 결정적 단점이 있는 설계폭풍법은 현재 거의 사용되지 않고 있으며, 자료수가 많지 않은 경우 소수의 극치자료에 매우 민감할 수밖에 없는 모수적 방법의 사용빈도도 점차 줄고 있는 추세이다(Toro, 2010). 근래에는 컴퓨터 발달에 힘입어 EST(empirical simulation technique)기법과 같이 과거사상을 비모수적 방법으로 해석하는 방법과 매개변수 결정에 결합확률을 도입하는 JPM(joint probability method)방법 등이 널리 사용되고 있다. 이들은 태풍을 무수히 발생시켜 모의된 해일자료로부터 빈도해석을 시행하는 방법으로서 태풍 및 해일의 과거자료가 흔치 않고 공간적 분포에 대한 정보 역

시 불충분한 경우에 특히 장점이 있다.

EST기법은 적용 해역에서 관측된 자료에 대한 의존도가 큰 반면 JPM방법은 기존에 발생했던 사상에 국한하지 않고 가능한 모든 경우에 대한 모의가 이루어지므로 더 우수한 방법으로 평가되지만 수천번의 태풍-해일 모의가 필요하므로 막대한 계산시간이 소요된다는 단점이 있다. 반면 EST기법은 특정 사상이 선정되면 미리 산정된 응답벡터로부터 결과가 얻어지므로 JPM방법과는 달리 매 사상별로 수치모의가 필요한 것이 아니기에 효율성에서 큰 장점이 있다(Divoky and Resio, 2007). 이 방법에 대한 적용사례는 최근 크게 늘고 있어 Shrestha et al.(2011), Goring et al.(2011), Resio and Irish (2008) 등을 비롯해 적지 않은 국외 연구사례가 있으며, 국내에서도 서 등(2009)이 국내 연안의 빈도별 해일고 산정을 위해 EST기법을 적용한 바 있다.

우리나라 서해안과 같이 조석의 영향이 지배적인 해역에서는 해일고의 변동폭보다 조위의 변동폭이 훨씬 더 크기 때문

* Mokpo대학교 토목공학과 (Corresponding author : Ju Whan Kang, Dept. of Civil Engineering, Mokpo National University, Muan-gun, Jeonnam 534-729, Korea. jwkang@mokpo.ac.kr)

** (주)헤인이엔씨 기술연구소 (Technology R&D Institute, Hyein E&C)

*** 한국해양연구원 기후변화연안재해연구부 (Korea Ocean R&D Institute)

Table 1. Tide data period and amplitudes of main tidal constituents

Station	Period	Amplitude(cm)		
		Sa	M ₂	S ₂
Ulsan	1963~	11.0	15.9	7.6
Pohang	1972~	11.5	3.2	0.7
Mukho	1966~	10.8	6.4	2.2
Sokcho	1963~	11.9	7.0	2.5

(a) Observed

(b) Predicted

Fig. 1. Time series of tidal elevation.

에 이러한 해역에서 EST기법을 적용할 경우에는 조위조건 반영시 세심한 주의를 요하게 된다. 이 경우 적용할 수 있는 EST기법을 Goring et al.(2011)이 제안하여 적용한 바 있다. 기존의 일반적인 EST기법은 국내 남해안 및 동해안과 같이 조석의 영향이 그리 크지 않은 해역에 적용할 수 있으며 이 경우에도 조석조건 처리에 주의해야 한다. 본 연구에서는 조석의 영향이 크지 않은 동해안에서 일반적인 EST기법 적용성에 대하여 고찰하였다. 이때 조석이 감안된 상태에서 태풍뿐 아니라 계절풍에 따른 빈도별 고극조위를 산정함으로써 재현주기가 작은 경우의 해면고 산정도 가능하도록 하였다. 국립해양조사원에서 운영하고 있는 동해안의 울산이북의 6개 검조소 중 연안에서 벗어난 울릉도와 자료기간이 10년 미만인 어서 모수적 방법을 적용한 타연구와의 비교가 어려운 후포를 제외한 4개 검조소를 적용대상으로 선정하였으며 관측기간 및 주요 분조의 진폭을 Table 1에 제시하였다.

2. 해면고의 성분별 특성

2.1 조위 및 해일고 특성

울산검조소에서 2004년 1년간 관측된 조위 시계열 및 관측조위로부터 추출된 조화상수에 의한 계산치 시계열을 Fig. 1에 제시하였다. 이들의 차를 조위편차 또는 해일고라 하며 Fig. 2에 보인 바와 같이 태풍 또는 계절풍에 의해 발생된다. 2004년의 경우 울산해역에 영향을 미친 태풍은 5번(0407, 0410,

(a) By typhoon

(b) By monsoon

Fig. 2. Time series of surge height.

(a) Sa

(b) M2+S2

(c) Others

Fig. 3. Division of predicted tidal level into tidal constituents.

0415, 0416, 0418) 발생하였으며, 태풍영향기간 동안 발생한 조위편차는 전적으로 태풍에 의한 것이라는 가정하에 조위편차를 태풍과 계절풍으로 분리하였다. Fig. 1의 조위에측치의 경우 Fig. 3에 제시된 Sa분조의 영향으로 하절기 조위면이 매우 높게 형성되고 있으며, M₂분조와 S₂분조에 의해 대·소조 변화를 보이게 된다. 울산검조소에서 기왕최고극조위는 Fig. 4에 자세히 보인 바와 같이 2004년 7월 19일 발생한 태풍 MEGI(0415)에 의한 기왕최고극조위는 Sa분조의 연최고점과 대조기 고조시에 맞물려 발생한 것이다. (편의상 Fig. 1

Fig. 4. Tidal elevation at the period of typhoon MEGI(0415).

~Fig. 3은 평균해수면 기준, Fig. 4는 D.L. 기준으로 각각 작성되었음.) EST기법을 적용하여 극치해면을 산정하고자 할 경우 이러한 조석관련 해역별 특성이 충분히 숙고되어야 할 것이며, 특히 고·저조 및 대·소조 뿐 아니라 연주소 등 조위변화에 대한 이해와 태풍 및 계절풍 발생에 따른 해일고 산정 등이 적절하게 감안되어야 한다.

2.2 계절풍 고려 필요성

조차가 큰 서해안의 경우 극치해면은 주로 연중 대조기에 태풍 및 계절풍 모두에 의해 야기될 수 있는 반면 동해안의 경우에는 하절기 태풍에 의해 발생하는 것이 일반적이다 (강 등, 2011). 이는 Fig. 1과 Fig. 2에서도 확인할 수 있는 사항으로 동해안에서는 연주소 성분이 최대가 되어 평균해수면이 연중 최고치에 이르는 하절기에 태풍시기도 일치하므로 이 때 주로 연최고극조위 또는 극치해면이 발생하게 된다. 따라서 재현주기가 큰 경우의 극치해면은 하절기 태풍시기에 집중됨을 볼 수 있지만, 태풍 영향이 미미한 해인 경우 연최고 극조위가 계절풍에 의해 발생할 수도 있게 된다. 물론 이 경우의 해면고는 그리 높지 않게 되므로 작은 재현주기의 극치해면이 발생하게 된다. 따라서 재현주기가 큰 경우 뿐 아니라 작은 경우의 해면고도 산정할 경우 태풍의 영향 뿐 아니라 계절풍에 대한 해석이 함께 요구되며 이와 함께 조석에 대한 고려가 수반되어야 한다.

3. EST 기법

3.1 EST기법의 일반적 특성

EST 기법(Scheffner et al., 1999)은 폭풍사상과 같이 확률적이고 다중 매개변수적인 특징을 갖는 시스템의 전 과정을 모의하기 위한 통계학적 모형이다. 즉, 과거 사상을 분석하여 일련의 발생표본을 구축한 후 미래에도 과거와 통계적으로 유사한 발생환경이 유지될 것이라는 가정하에 표본으로부터 임의의 사상을 추출하게 된다. 이때 추출된 사상은 태풍의 규모를 묘사하는 입력벡터와 그에 따른 해일고를 나타내는 응답벡터로 구성되는데, 추출후 복원되어 다음 추출에도 표본에 포함시키게 된다. 또한, 과거 발생 사상의 한계를 극복

하기 위해 추출된 표본은 다음에 설명되는 ‘Random walk interpolation’ 기법이 적용된다.

EST기법은 단지 과거 사상을 뽑아내는 것에 그치는 것이 아니라 선택된 사상의 입력벡터로부터 Nearest neighbor random walk를 수행하여 과거 사상과 다른 사상을 발생시키게 된다. 이와 같이 하여 새로운 사상에 대한 입력벡터가 정해지면 이에 대한 응답벡터를 트레이닝세트에 있는 과거 사상의 응답벡터 공간상에서 보간법에 의하여 구하게 된다.

V_j 라는 벡터가 선정되었고 그 주변에 K 개의 최근접 벡터 ($k = 1, K$)(중요도에 따라 가중치를 두어 거리를 계산해서 결정된 벡터)가 존재할 때 새로운 사상은 다음과 같이 결정된다.

$$W = V_j + \sum_{k=1}^K 2(N_k - 0.5) \cdot (U_k - V_k) \quad (1)$$

여기서 N_k 는 0~1 사이의 난수이므로 $2(N_k - 0.5)$ 는 -1에서 1 사이의 난수가 된다.

EST기법에 대한 자세한 소개는 Sheffner et al.(1996), Shrestha et al.(2011), 서 등(2009)에 제시되어 있다.

3.2 ADCIRC모형

태풍에 의한 해일 발생에 대한 트레이닝세트를 구성하기 위해 태풍에 대한 정보 뿐 아니라 각 태풍이 영향을 미친 주변 해적대상지점에서의 해일고 역시 산정되어야 한다. 이를 산정하기 위한 폭풍해일모형으로 SLOSH, ADCIRC, CH3D, POM, FVCOM 등이 있는데(Sheng et al., 2010), 특히 최근 비구조격자 유한요소 유동모형인 ADCIRC 모형이 가장 빈번한 적용사례를 보이고 있다(Mattocks and Forbes, 2008; Heerden et al., 2007; Shrestha et al., 2011). 본 연구에서도 태풍에 의한 해일모의의 관련내용은 2차원 ADCIRC 모형을 적용한 국립해양조사원(2012) 결과를 사용하였다. 이 연구에서 해상풍 산정은 Holland(1980) 모형을 이용하였으며 태풍 정보는 RSMC(Regional Specialized Meteorological Center) Tokyo-Typhoon Center에서 제공하는 Best Track Data를 사용하였고, 이 자료는 6시간 간격으로 태풍의 이동경로, 최대 풍속, 중심기압 등을 포함한다. 1951년부터 2010년까지 발생한 총 1573개의 태풍 가운데 우리나라에 영향을 미친 TY(typhoon)급 51개와 STS(severe tropical storm)급 91개 태풍을 선별한 후 ADCIRC모형을 이용해 동해안 각 지점에서 태풍영향기간 중 최대해일고를 계산하였다. 이때 각 지점에 영향을 미친 태풍의 선정기준은 해당 지점이 태풍 중심으로부터 500 km 반경 내에 위치할 경우와 최저중심기압이 1000 hPa 이하인 경우로 제한하였다. 이렇게 선정된 TY급 및 STS급 태풍의 제원을 비롯한 자세한 내용은 국립해양조사원(2012)에 제시되어 있다.

3.3 입력벡터와 응답벡터

EST 기법은 특정한 장소에 영향을 준 과거 사건들의 분석

으로부터 시작된다. 태풍이나 계절풍 등으로 규정되는 사건들 중 선택된 데이터베이스를 이용하여 사건의 영향과 특성을 매개화한다. 태풍을 정의하는 매개변수들이 입력벡터를 구성하고 태풍의 영향을 응답벡터로 나타낸다. 입력벡터와 응답벡터들은 태풍과 관련된 영향의 생애주기 모의를 위한 기초로 사용되며 트레이닝세트라 부른다. 각 지점의 입력벡터로는 태풍의 경우 각 지점에서 최대해일고가 발생한 시점에서의 1) 지점과 태풍의 눈 사이의 거리(km), 2) 지점에서의 풍속(m/s), 3) 지점에서의 해면기압 하강량(hPa), 4) 태풍 눈의 진행속도(km/h), 5) 조위조건(중조기 고·저조) 등을 사용하였다. 계절풍의 경우 입력벡터는 1) 매년 비태풍 시기의 최대해일고, 2) 조위조건(대·소조기 고조) 등이며, 두 경우 모두 응답벡터는 해일 발생시 연주조에 의한 평균해면고가 반영된 (D.L. 상의) 조위면으로 구성된다. 이와 같이 새로운 사상에 대한 입력벡터가 정해지면 이에 대한 응답벡터를 트레이닝세트에 있는 과거 사상의 응답벡터 공간상에서 보간법에 의하여 구하게 된다.

4. 적용 및 결과해석

4.1 태풍 트레이닝세트 구성

서 등(2009)의 연구에서는 TY급 태풍과 함께 STS급 태풍도 트레이닝세트에 포함시켜 56년 동안 발생한 201개 태풍을 대상으로 해석한 바 있다. STS급 태풍까지 포함시킬 경우 정확도는 개선되었지만 효율성은 다소 둔화될 수 있다. EST기법의 장점 중 한 가지로 가상태풍을 모의하여 그 결과를 트레이닝세트에 포함시켜 해석할 수 있다는 점을 들 수 있다. 즉, 유용한 태풍자료가 많지 않은 상태에서 공간적 분포마저 편중되어 있을 경우 그 지역에서 실제 발생하지는 않았지만 발생할 가능성이 충분한 가상태풍 또는 경로를 가상적으로 평행이동시킨 태풍 등을 상정하여 실제 태풍과 함께 트레이닝세트에 포함시켜 해석하기도 한다(Divoky and Resio, 2007). 이 경우 전체 태풍이 많을수록 가상태풍이 선택될 가능성이 감소하게 된다. 즉, 트레이닝세트가 지나치게 많은 태풍으로 구성되어 있을 경우 가상태풍을 포함시키는 효과가 감소하게 되며 효율성도 떨어지게 된다. 따라서 트레이닝세트를 구성할 때 TY급, STS급, TS급, TD급 중 어느 정도까지의 태풍을 포함시킬 것인가는 정확도와 효율성을 감안하여 판단해야 할 것이다.

이러한 STS급 태풍의 포함 영향성을 파악하기 위하여 간단한 해석을 실시하였다. 해석대상지역은 울산으로서 울산에 영향을 미친 TY급 태풍 40개에 STS급 태풍 66개가 포함된 경우(TY+STS)와 포함되지 않은 경우(TY)의 해석결과를 Fig. 5에 제시하였다. 강도가 약한 많은 수의 태풍이 포함된 관계로 STS급 태풍이 포함된 결과가 재현주기가 작은 경우에는 다소 크게 나타나고 있지만, 트레이닝세트에 포함된 일정 규모 이상의 강도가 큰 태풍은 TY급에 치중되어 있

Fig. 5. Effect on the surge height by including STS with/without virtual typhoon (VT).

으므로 해석결과 역시 재현주기 20년 이상에서는 거의 동일한 결과를 보이고 있다. 또한 해일고가 100cm인 임의의 가상태풍(virtual typhoon; VT)을 설정하여 트레이닝세트에 추가하여 분석한 결과 STS급까지 포함된 경우(TY+STS+VT) 가상태풍의 영향이 재현주기 30년 이상에 집중되고 있다. 그러나 TY급만 포함시킨 경우(TY + VT) 가상태풍의 영향은 재현주기가 작은 경우를 포함하여 모든 빈도에서 훨씬 크게 나타나고 있다. 이와 같이 태풍에 대한 트레이닝세트에 TY급 태풍만 포함시킨 결과가 STS급 태풍까지 포함시킨 결과에 비해 재현주기가 큰 경우에서 결과의 차이가 없을 뿐 아니라 가상태풍 포함시 훨씬 유연한 결과를 기대할 수 있게 된다. 또한 극치해면의 재현주기가 작은 상황이란 심한 태풍 없이도 발생할 수 있는 상황을 의미하므로 Fig. 1에서 보듯이 조위가 높은 상황이 우선적으로 전제되어야 하며, 이 상황에서 자주 발생하고 있는 계절풍에 의해 초래되는 경우가 더 일반적이라 할 수 있다. 따라서 재현주기가 작은 경우에 있어서도 STS급 태풍을 포함시키는 것보다 조석과 계절풍을 고려하는 것이 더욱 실제적이라고 할 수 있으므로, 계절풍 해석이 수반된 본 연구에서는 태풍과 관련된 트레이닝세트 구성시 STS급 태풍은 배제하고 TY급 태풍만 포함시켜 해석하였다.

4.2 조석 및 계절풍 고려 효과

EST기법에서 조석을 고려하는 방법은 태풍시와 계절풍시로 구분되어 적용된다(Scheffner et al., 1999). 태풍시에는 태풍제원이 기술된 입력벡터의 추가된 한 요소로 조위조건이 부여되는데, 창조(0), 고조(+1), 낙조(0), 저조(-1) 등 각 조시가 입력벡터로 설정된다. 이때 고조위 조건은 M₂분조 진폭을 반영함으로써 중조기 고조조건을 부여하였으며, 여기에 태풍 영향시기의 D.L. 상의 평균해수면값을 가산함으로써 연주조 성분까지 반영된 응답벡터가 설정되는 방법을 고안하여 적용하였다.

계절풍의 경우 태풍과 달리 지속시간이 조석주기를 초과하므로 고·저조 조건 대신 대·소조 조건을 부여하였다. 즉, 태풍을 제외한 상태에서 계절풍에 의한 연최고조위편차 발생시기를 특정한 후에 조시와 관련된 입력벡터를 작성하였다. 중

Fig. 6. Schematic diagram of EST application procedure.

조(0), 대조(+1), 중조(0), 소조(-1) 등을 설정하여 중조기에 M_2 분조의 진폭만 감안하는 반면 대조기와 소조기에는 M_2 분조의 진폭에 S_2 분조의 진폭을 가감하여 조위조건을 부여한 후 이를 해일고에 가산함으로써 응답벡터를 설정한다. 이때 자료 기간 동안 매년 발생하는 조위예측치의 연최대값 중 가장 작은 값을 산정하여 응답벡터의 최소값으로 설정한다. 이렇게 함으로써 하절기 조위가 높아지는 연주조 성분도 반영하게 될 뿐 아니라 계절풍에 의한 해면고의 최소값이 설정되어 재현주기가 작은 경우의 해석결과에 정확도를 높일 수 있게 된다. 이러한 일련의 과정을 Fig. 6에 정리하여 도시하였으며, 울산 검조소에서의 적용결과를 Fig. 7에 예시하여 나타내었다.

고·저조, 대·소조, 연주조 등의 감안이 빈도별 해면고에 미치는 영향성을 파악하기 위하여 태풍 및 계절풍 각각에 있어서 조석고려 여부에 대한 결과를 Fig. 7(a)와 (b)에 제시하였다. 연주조 성분을 고려하는 경우 태풍시 결과에 미치는 영향은 매우 크게 나타나고 있으며 이는 Fig. 3(a)에서와 같이 태풍시기와 연주조의 최대시기 가 거의 일치함에 연유하는 것으로 추정된다. 비태풍시 역시 연주조의 영향성이 작지 않은 것으로 나타나고 있지만 재현주기가 작은 경우에는 계절풍 발생시기 연주조가 최저가 되는 동절기이기에 연주조 감안효과가 나타나지 않고 있다. 또한 태풍시 연주조에 추가하여 고·저조를 고려한 영향은 재현주기가 큰 경우 다소 크게 나타나고 있는 반면 계절풍시에는 대·소조 영향이 모든 재현주기에서 매우 크게 나타나고 있다. 고·저조와 연주조가 감안된 태풍의 결과 및 대·소조와 연주조가 감안된 계절풍의 결과를 두 경우의 결합확률과 함께 Fig. 7(c)에 제시하였다. 재현주기 50년 이상의 경우에는 계절풍 고려가 결합확률에 미치는 영향이 미미한 반면 재현주기 10년 이하에서는 계절풍 고려의 영향성이 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 이와 같이 동해안 해역에서의 극치해면고 산정시 조석 및 계절풍에 대한 이해가 매우 중요하며, EST 적용시 이를 적절하게 반영하여야 할 것이다.

Fig. 7. Frequency curves with/without typhoon and monsoon.

4.3 적용 결과

최종적으로 조석과 계절풍이 감안된 동해안 지점에서 결합확률을 산정하기 위하여 각 경우에 대하여 200년 기간을 500회 모의하였다. 그 결과를 Table 2에 제시하였으며, 정 등(2008) 및 서 등(2009)의 결과와 함께 Fig. 8에 비교하였다. 동해안 4개 지점에 대하여 비교한 결과 연최고조위에 대한 모수적 방법을 사용한 빈도분석결과인 정 등(2008)의 결과가 본 연구결과와 매우 유사한 결과를 보이고 있는 반면 서 등(2009)의 결과는 다소 큰 차이를 보이고 있다. 관측조위 자료를 기반으로 한 정 등(2008)의 결과는 조석과 계절풍이 모두 내포되어 있는 반면 서 등(2009)의 경우 Fig. 7(a)에서 태풍시 고·저조 조건만 반영했을 뿐 계절풍과 대·소조 및 연주조에 대한 고려가 전혀 없음을 감안하면 당연한 결과라 할 수 있다. 따라서 EST기법을 통해 해일고만 산정할 경우는 별 문제가 없지만 극치해면고를 산정할 경우에는 고조를 감안한 태풍에 대한 해석 뿐 아니라 연주조와 대·소조 및 계절풍 등을 함께 고려하여야 할 것이다.

Fig. 8. Comparison of frequency result with other studies.

Table 2. Frequency result obtained from combined effect of typhoon and monsoon (cm)

		Return period				
		10	30	50	100	200
Ulsan	Typhoon	99	117	123	132	141
	Monsoon	88	101	105	112	120
	Combined	104	118	125	133	141
Pohang	Typhoon	69	78	82	88	95
	Monsoon	85	100	106	114	123
	Combined	87	101	106	114	123
Mukho	Typhoon	70	77	82	90	97
	Monsoon	62	65	66	68	69
	Combined	70	77	82	90	97
Sokcho	Typhoon	69	80	84	90	96
	Monsoon	72	76	78	81	84
	Combined	75	82	85	90	96

5. 결 론

동해안의 4개 검조소에서 조위조건과 계절풍이 감안된 극치해면을 산정하기 위해 EST기법을 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 태풍자료가 많아질수록 기상태풍의 효과가 줄어들며 재현주기가 작은 경우에는 계절풍을 고려하는 것이 효과적이기 때문에 태풍 트레이닝세트를 구성하기 위해 STS급 태풍까지 고려할 필요는 적은 것으로 나타났다.

(2) 태풍과 계절풍 모두 입력벡터와 응답벡터 작성시 조석상

황을 적절하게 반영시켜야 한다. 태풍의 경우 증조기 고조, 계절풍의 경우 대·소조에 대한 정보 입력이 필요하며 두 경우 모두 연조 성분에서 따른 평균해면 정보가 반영되어야 한다.

(3) 계절풍에 대한 해석 없이도 재현주기가 큰 경우 극치해면 산정에는 큰 무리가 없지만 재현주기가 작은 경우 적절한 계절풍 해석이 요구된다.

(4) 조석에 대한 처리가 불완전한 상태에서 EST가 적용된 서 등(2009)의 결과와 본 연구결과는 다소 차이를 보이고 있지만 조석과 계절풍 등의 고려가 내포되어 있는 보수적 방법인 정 등(2008)의 결과와는 매우 높은 일치율을 보이고 있어 본 방법이 유효함을 입증할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지식경제 기술혁신사업의 연구비 지원(20103020070080)에 의해 수행되었습니다. 또한 본 연구는 한국해양연구원 주요사업 ‘태풍해일 침수범람 예측 및 재해도 작성기술 개발’ 사업의 지원으로 일부 수행되었습니다.

참고문헌

- 강주환, 김양선, 조홍연, 심재철 (2011). 국내 연안의 해일강도 특성. 한국해양·해양공학회는문집, 23(6), 458-465.
- 국립해양조사원 (2012). 해안침수예상도 제작 및 보급(목포의 17 개소).
- 서경덕, 양영철, 전기천, 이동영 (2009). 경험모의기법을 이용한

- 한반도 주변 해역에서의 극치해면 분석. 한국해양·해양공학 회논문집, 21(3), 254-265.
- 정신타, 김정대, 고동휘, 윤길림 (2008). 한국 연안 최극 고조위의 매개변수 추정 및 분석. 한국해양해양공학회논문집, 20(5), 482-490.
- Divoky, D. and Resio, D.T. (2007). Performance of the JPM and EST methods in storm surge studies. 10th International Workshop on Wave Hindcasting and Forecasting, and Coastal Hazard Symposium, North Shore, Oahu, Hawaii.
- Goring, D.G., Stephens, S.A., Bell, R.G. and Pearson, C.P. (2011). Estimation of extreme sea levels in a tide-dominated environment using short data records. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 137(3), 150-159.
- Holland, G.J. (1980). An analytic model of the wind and pressure profiles in hurricanes. Monthly Weather Review, 108, 1212-1218.
- Mattocks, C. and Forbes, C. (2008). A real-time, event-triggered storm surge forecasting system for the state of North Carolina. Ocean Modelling, 25, 95-119.
- Resio, D.T. and Irish, J. (2008). Hurricane characteristics along the Northern US Gulf of Mexico coast for surge prediction. Solutions to Coastal Disasters Congress 2008, 170-184.
- Scheffner, N.W., Borgman, L.E. and Mark, D.J. (1996). Empirical simulation technique based storm surge frequency analyses. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 122(2), 93-101.
- Scheffner, N.W., Clausner, J.E., Militello, A., Borgman, L.E., Edge, B.L. and Grace, P.J. (1999). Use and application of the empirical simulation technique; User's guide. US Army Corps of Engineers.
- Sheng, Y.P., Zhang, Y. and Paramygin, V.A. (2010). Simulation of storm surge, wave, and coastal inundation in the Northeastern Gulf of Mexico region during Hurricane Ivan in 2004. Ocean Modelling, 35, 314-331.
- Shrestha, P.L., Lenaburg, R.T., Scheffner, N.W., Rezakhani, M., Hamilton, D. and Cydzik, K. (2011). Storm surge study of the Hawaiian islands using the EST method. World Environmental and Water Resources Congress 2011, 2286-2294.
- Toro, G.R., Resio, D.T., Divoky, D., Niedoroda, A.W. and Reed, C. (2010). Efficient joint-probability methods for hurricane surge frequency analysis. Ocean Engineering, 37, 125-134.
- van Heerden, I.L., Kemp, G.P. and Mashriqui, H. (2007). Use of the ADCIRC storm surge model for hurricane Katrina surge predictions and levee forensic studies. GSP 161 Embankments, Dams, and Slopes, ASCE, 1-9.

원고접수일: 2012년 4월 30일

수정본채택: 2012년 6월 12일

게재확정일: 2012년 6월 12일