

## 韓半島 周邊 海域의 極值海面 및 海流 推定 方法

崔秉昊\*, 高珍錫\*\*

### 1. 서언

우리 나라 연안의 항만의 설계해면 및 해안구조물의 방어수위가 현재에 확률적으로 얼마나 안전한가의 여부와 현재 건설 중인 항만 개발 사업, 대규모 매립 사업, 기후 변화에 따른 해수위 상승 등에 변화되는 해양 환경에 따라 설계 수위와 연안방어체계를 어떻게 설정해야 할 것인가는 한국의 해안·해양 공학의 기본 과제임에도 불구하고 소홀하게 다루어지고 있는데 합리적인 접근방법에 의해 우리 나라의 연안방어체계에 필수적인 극치자료를 제공하는 과업은 용이한 일은 아니다. 대륙붕 상의 해양 구조물을 설치할 때 극치해파의 추정과 더불어 해조류, 해일에 의한 극치 해류를 추정해야 하는 어려운 과업이 있다. 전통적으로 주요 항만에서의 관측시의 년극치에 의해 최극해면을 극치확률모형에 의해 제시하는 방법의 적용은 널리 이용되어 왔다(최, 1982a). 또한 비교적 짧은 관측이 이루어진 해안에서도 복합확률 방법(joint probability method)이 적용될 수 있다(최, 1982b). 이 방법은 최소 1년간의 관측치로서 최고극, 최저극 해면의 확률 분포로 제시하는데도 적용(Pugh와 Vassie, 1979, 1980)된 바 있다. 상기의 방법의 제약점은 관측자료를 근거로 한다는 점인데 연안을 따라서 주요항구의 검조소 이외에서 장기관측이 이루어진 바 없다. 대안으로서 황해의 조석·해일 모형을 적용하면 장소에 제약없이 과거의 주요 태풍에 대한 모형의 매 해상 격자점에서의 조석과 해일의 시계열을 발생시킬 수 있으므로 이 시계열에 의해 한반도 주변해역의 극치해면과 해류를 추정할 수 있다.

### 2. 조석 해일 모형

최(1980)의 조석모형은 동중국해육봉의 내역만을 포함하는데  $\frac{1}{5}^{\circ}$  위도  $\times$   $\frac{1}{4}^{\circ}$  경도 해상도로 서 수립되었으며 이 접근 방법은 Flather(1987)가 구주북서육봉역에서 이용한 방법인데 본 연구에서 더 넓은 세격자체계에서 이를 확대 적용시키고자 하였다.  $\frac{1}{15}^{\circ} \times \frac{1}{12}^{\circ}$  모형 그리고 1:3 세분화 기법으로  $\frac{1}{45}^{\circ} \times \frac{1}{36}^{\circ}$  로서 개선되었다. 이와 별도로 동아시아 해역의 모형(최와 고, 1994)은  $\frac{1}{6}^{\circ} \times \frac{1}{6}^{\circ}$  로서 수립되어 있으며(그림 1) 한반도 주역 해역의 극치해면추정을 위한 모형은 본 연구에서 별도의 해파모형( $\frac{1}{6}^{\circ}$  해상도)과의 연계 운용을 위해 두 영역으로 나누어  $\frac{1}{12}^{\circ} \times \frac{1}{12}^{\circ}$  (5분 격자 체계)로서 구성되어 있다. 조석모형에  $M_2, S_2$  분조 및 6개 주요 분조를 경계 조건으로 하고 기상 입력은 40여년 간의 과거 태풍 database를 이용하였다. 태풍 바람장은 Cardone(1969)의 PMBL(Planetary Marine Boundary Layer) 모형에 태풍 모형의 바람장을 삽입시키는 기법을 적용하였다. 모형에 의한 시뮬레이션은 (Tide + Surge) run에서 (Pure Tide) run을 제거시킴으로써 수행하였다. 모형의 매 격자에서 장기간의 시계열 자료(여러 storm의 합)에서 다음과 같은 parameter를 추출한다.  $M_2$  조석체계와  $S_2$  조석체계로서 대조, 중조, 소조의 상황을 제시한다. 대조 상황의 조류는  $a = a_M + a_S, b = b_M + b_S, \alpha = \alpha_M$ (북쪽으로부터 장축의 배열

\* 成均館大學校 工科大學 土木工學科

\*\* 成均館大學校-韓國海洋研究所 學研 博士課程 (株) 世一綜合技術公社 附設 港灣 및 海岸開發 技術研究所

direction)로서 제시한다.

- 1) semi-major axis, a (평균대조상황)
- 2) b/a (ellipticity) 백분을 b의 부호에 따라 +/- 회전 방향의 제시
- 3) 장축의 배치

$r^+$ ,  $r^-$ 는 경험상수로서 대조 진폭과 HAT와 LAT를 상관시키는 경험상수이다. 조류의 강도변화를 조석의 진폭과 선형적인 상관관계로서 가정한다.

$$r^+ = \text{HAT} / (H_M + H_s)$$

$$r^- = \text{LAT} / (H_M + H_s)$$

$$r^c = 1/2 (\text{HAT} + \text{LAT}) / (H_M + H_s)$$

한국 주요항만의 HAT(Highest Astronomical Tide)와 LAT(Lowest Astronomical Tide)은 국립지리원의 보고서(최, 1983)에 수록되었지만 92년까지의 연장된 검조기록의 재분석에 의한 추정치로서 다시 산정 제시하였다. 이 시뮬레이션은 태풍의 해상풍 database(1996년)에 의해 과거 태풍에 대한 조석해일 및 해파 산정이 현재 진행 중에 있다. 그림 2는 1959년 사라호의 태풍해일 시뮬레이션 결과이다. 우선 24set의 과거 태풍의 시뮬레이션의 결과로서 1/12' 해상도 모형의 각 격자점의 산정수위와 유속의 시계열 자료(메시안)로 부터 다음과 같은 파라미터들을 산출한다.

가)  $S_{\max}^+$ ,  $S_{\max}^-$  ( max and min computed surge elevation )

나)  $q_{\max}^s$ ,  $a^s$  ( 방향에 따른 surge current speed )

다)  $\sigma^+ = S_{50}^+ / S_{\max}^+$  ( 연안 관측점의 복합확률 분석치  $S_{50}^+$ 과의 비교 )

라)  $\sigma_m^+ = S_{50}^+ / (m_{33})^{1/2}$

$$m_{11} = \langle u^2 \rangle, m_{22} = \langle v^2 \rangle, m_{33} = \langle \zeta^2 \rangle \quad (\text{여기서 } \zeta \text{는 해일고이다})$$

$$m_{12} = \langle uv \rangle \quad \text{여기서 } \langle \rangle \text{는 산정된 매 시간별 자료의 평균치이다.}$$

마)  $q_{50}^s = \sigma^+ q_{\max}^s$

$$\text{여기서 } a^2 = m_{11} \sin^2 \alpha + m_{22} \cos^2 \alpha + m_{12} \sin 2\alpha$$

$$b^2 = m_{11} \cos^2 \alpha + m_{22} \sin^2 \alpha - m_{12} \sin 2\alpha$$

$$\tan 2\alpha = 2m_{12} / (m_{22} - m_{11}) \text{ 으로 정의하였다.}$$

### 3. 복합확률

상기 모형의 운용에 의한 조석 해일 산정 결과를 우선 조석과 해일 현상의 복합과정으로 제시할 때 가장 간단한 방법은 관측된 100년 빈도 수위  $L_{100}^+$  (극치확률 분석 또는 관측치의 복합 확률 분석)과  $H_M + H_S + S_{50}^+$  과의 상관 관계를 검토하는 것이다. 우선  $S_{50}^+$ 은 2-다)에 제시된 바와 같이  $S_{\max}^+$ 와 인근 관측점과의 관계( $\sigma^+$ )로서 도출한다.  $L_{100}^+ = R(H_M + H_s + S_{50}^+)$ 에서 R을 구해 보면 1.0에서 좌우로 벗어나는 범위를 판별할 수 있다. 극치 해류의 경우는 조류, 해일에 의한 해류의 방향성분 때문에 극치해일 보다 더 복잡한 양상을 띄우게 되는데 아래와 같은 선택을 할 수 있다.

가) 방향 성분의 무시 ..... 대조의 장축 성분과  $q_{50}^s$ 의 복합.

나) 조류의 방향성분 고려 ..... 대조의 장축 성분과  $q_{50}^s$ 로서 조류의 탁월 방향으로서의 제시

다) 조류와 해일에 의한 해류의 방향성을 동시에 고려.

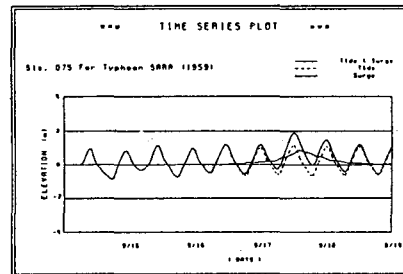
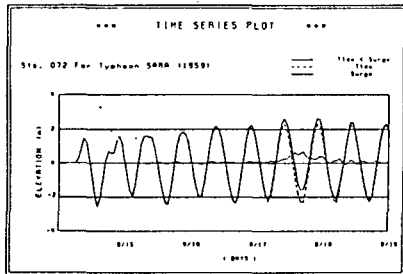
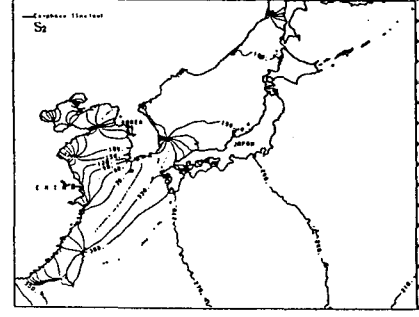
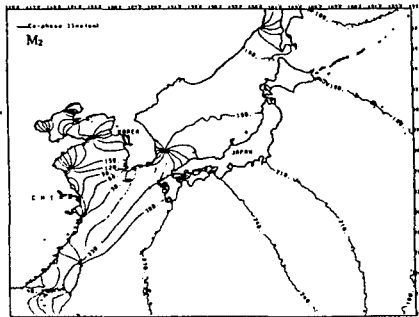
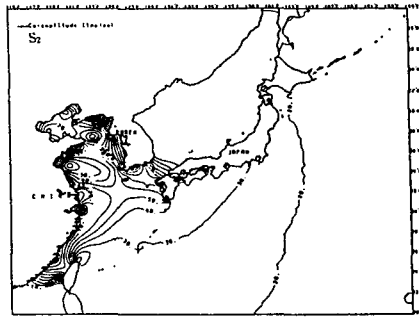
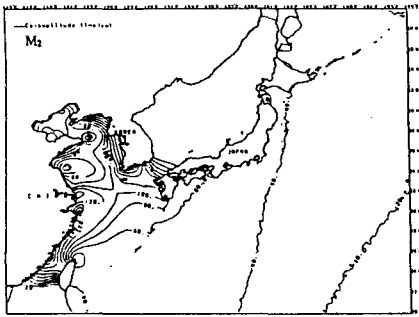
$q_{100}^L = x + q_{50}^S$  로서 표시되는데  $x$ 의 적절한 선택이 필요하다.

#### 4. 문제점과 추후의 개선

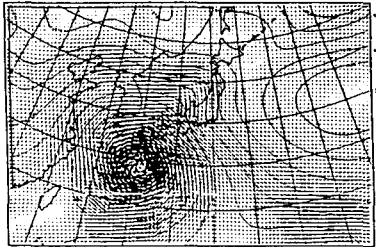
- 가) 1단계로서 24개의 태풍을 선정하였는데 특정지역에서 특정태풍의 포함 여부에 따라 해일고가 달라지는 문제는 2 단계에 추가적인 더 많은 태풍에 의한 시뮬레이션이 필요하다.
- 나) 우리나라 서해안에서는 근지점 대조(Perigean Spring Tide)와 동계북서계절풍에 의한 해일의 검토가 필요하다. 이조실록에 수록된 해일 기록중 몇몇이 이 경우인 것이 일차적으로 판별되었다. 근지점 대조만에 의한 극치조석(1989년 9월 18일, 군산)의 경우도 세밀한 조사를 요한다. 이 경우 청명한 날씨에 높은 조위가 발생하여 범람의 위험이 증가된다.
- 다) 관측해일(수로국의 검조기록)의 경우 평활화된 곡선 자료로 부터의 조위편차를 해일로 규정하는데 문제가 있다. 실제 태풍 통과시의 검조기록(아날로그 곡선기록)으로부터 재분석해 불필요가 있다. 이 경우 정부 문서 보관소로 부터의 해일 기록 재검토가 필요하다.
- 라) 모델 시뮬레이션(조석, 해일, 쓰나미, 해파) 결과의 해면, 해류 시계열을 연안관측치의 통계자료와 상관시키는 과정에서 우선 일차적으로 우리나라의 연안검조기록만을 토대로 하였는데 일본, 중국, 러시아 연해주의 기록이 확보되는 데로 신뢰성 있는 상관관계를 수립할 필요가 있다.
- 마) 海波-潮汐-海溢의 複合現象을 우리나라 西海의 狀況에서 자세히 검토할 필요가 있다.
- 바) 발생확률이 상대적으로 낮은 쓰나미의 경우도 극한 극치 해면에 포함시키는 과업이 필요하다.

#### 參考 文獻

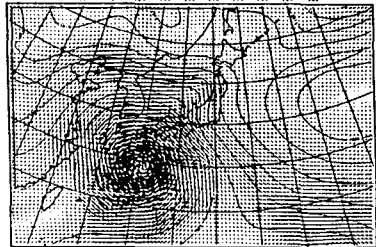
- Cardone, V.J., 1969, Specification of the wind distribution in the marine boundary layer for wave forecasting, New York Univ., School of Engineering and Science, Report GSL-TR 69-1.
- Choi, B.H., 1980, A tidal model of the Yellow Sea and the Eastern China Sea, Korea Ocean Research and Development Institute Report 80-02.
- Choi, B.H., 1982a, Analysis of annual extreme sea levels at major ports around Korean Coast, Sung Kyun Kwan University Bulletin (Natural Science), 32, 237-251.
- Choi, B.H., 1982b, Extreme sea levels at Port of Incheon, Sung Kyun Kwan University Bulletin(Science and Technology) 10, 95-104
- Flather, R.A., 1987, Estimates of extreme conditions of tide and surge using numerical model of the North-west European Continental Shelf, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 24, 69-93.
- Pugh, D.T. and Vassie, J.M., 1979, Extreme sea levels from tide and surge probability, 16th International Coastal Eng. Conf., Hamburg, 911-930.
- Pugh, D.T. and Vassie, J.M., 1980, Application of the joint probability method for extreme sea level computations, Proc. Inst. of Civil Eng., 69(2): 959-975



Typhoon Vera pressure and vector field (m/s) St. 9, 13, 7  
Units: 1 cm wind = 10 m/s



Typhoon Vera pressure and vector field (m/s) St. 9, 13, 8  
Units: 1 cm wind = 10 m/s



Typhoon Vera pressure and vector field (m/s) St. 9, 13, 9  
Units: 1 cm wind = 10 m/s



Typhoon Vera pressure and vector field (m/s) St. 9, 13, 10  
Units: 1 cm wind = 10 m/s

