

목포해역 해일 및 범람 특성 Characteristics of Storm Surge and Inundation at Mokpo Coastal Zone

박선중¹, 문승록², 강주환³, 김양선⁴
Seon Jung Park¹, Seung Rok Moon², Ju Whan Kang³ and Yang Seon Kim⁴

1. 서 론

최근 들어 해일 및 범람모의시 격자간격 수 km의 대광역에서부터 수 m의 정밀역까지를 동시에 모의하는 Nesting 격자망을 적용한 모의(천재영 등, 2008; 허동수 등, 2008; 문승록 등, 2007)가 점차 증가하고 있다. 선행연구(문승록 등, 2006)에서는 계산 시간을 단축하기 위해 대역역에 대한 큰 격자망의 모의결과로부터 Nesting 격자망으로 구성된 관심해역에 대한 외해 경계자료를 생성한 후 적용하는 Transfer boundary를 사용하였다. Transfer boundary는 경계에서의 수심 및 격자간격의 불일치로 정확한 계산결과를 기대하기 어렵고, 특히 조석과 해일을 동시에 모의할 경우 지형과 수심이 정확히 재현되지 않은 큰 격자망의 결과가 그대로 관심해역에 반영되므로 조석 전파시 위상이나 진폭의 오차가 크게 발생될 수 있어 실제 사상의 재현이 쉽지 않다. 반면 일체화된 격자구성을 통한 Nesting 격자망을 적용할 경우 경계에서의 연속성이 유지되므로 크기가 다른 격자망간 상호연계된 수치모의가 가능하게 되고 계산결과와 정확도를 높일 수 있어 보다 정확한 사상 재현이 가능하게 된다.

본 연구에서는 Nesting 격자망의 적용이 가능한 대표적 상용프로그램인 MIKE21 모형을 사용하여 목포해역의 해일범람모의에 적용하였으며, 모의에 적용된 태풍은 기존연구(박선중 등, 2008)의 태풍 MAEMI(0315)를 직선화한 가상태풍 중

3.15m(DL.5.58m)의 해일고를 발생시킨 Case1_c의 가상태풍을 적용하였다.

2. 격자구성 및 입력자료 생성

2.1 격자구성

해일범람 모의를 위해서는 태풍의 생성 및 이동 등을 구현할 수 있도록 우리나라 및 주변해역의 광범위한 해역을 포함한 광역의 구축이 필요하며, 동시에 범람모의를 위해서는 수 m 격자간격의 상세역의 모의를 위한 정밀역이 구축되어야 한다. MIKE21 모형의 Nesting 격자망 구축시 공간상 해석능력의 도약이 $\Delta x_{Coarse}=3\Delta x_{Fine}$ 인 것을 감안해 격자간격을 1/3씩 감소시켜 Table 1과 같이 최대 격자간격 32,400m에서 최소 격자간격 14.8m까지의 총 8단계 계산영역으로 설정하였다.

Nesting 격자망 구축시 각 영역별 접합경계부근의 수심을 동일하게 보정하였고, 수심 및 지형자료가 정확히 구현될 수 없는 큰 격자의 수심을 작은 격자의 상세수심으로 보정하는 과정을 전 영역에 대해 수행함으로써 보다 정도 높은 범람모의 결과를 기대할 수 있도록 하였다.

광역 격자망인 Area-1은 태풍의 발생 및 진행경로의 재현을 충분히 반영하기 위해 우리나라, 일본, 대만 등이 포함되도록 설정하였으며, Area-3은 제주도 및 우리나라 해안을 충분히 포함하여 향후 여러 대상 해역에 대한 모의에 활용토록 구성하였다(Fig. 1).

1 목포대학교 건설환경협동과정 박사과정
2 (주) 지오시스템리서치 연구기획부 과장
3 목포대학교 건설공학부 교수
4 목포대학교 토목공학과 석사과정

격자간격 133m인 Area-6와 44m인 Area-7, 15m인 Area-8은 해일발생에 따른 범람모의를 위해 육지 지형까지 재현된 상세영역이다(Fig. 2).

Table 1. 계산격자크기

구분	$\Delta x = \Delta y$ (m)	$N_x \times N_y$
Area-1	32,400.0	75 × 100
Area-2	10,800.0	139 × 148
Area-3	3,600.0	190 × 178
Area-4	1,200.0	316 × 349
Area-5	400.0	289 × 259
Area-6	133.3	619 × 463
Area-7	44.4	361 × 451
Area-8	14.8	631 × 541

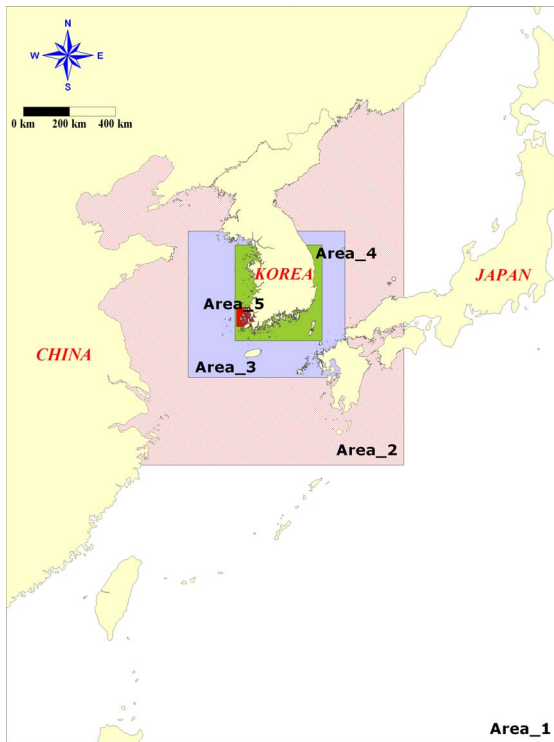


Fig. 1. 광역격자 영역

2.2 입력자료 생성

본 연구에서는 MIKE 21 모형의 CYWIND를 이용하여 태풍진로에 의한 중심기압, 최대풍반경, 주변기압과 중심기압의 차이 등에 관한 정보를 활용하여 태풍 진행시간에 따라 30분 간격으로 모의에 필요한 각 격자점에서의 압력과 바람을 계산하여 모의하였다.

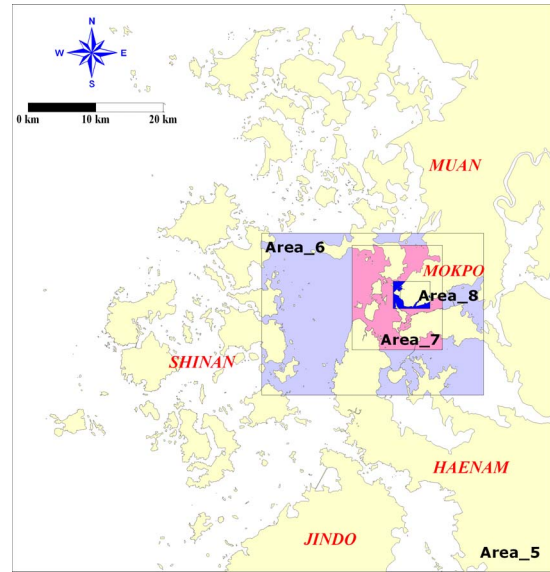


Fig. 2. 상세격자 영역

MIKE 21 모형의 태풍에 의한 압력 및 풍속장의 입력자료를 생성하는 이론적 배경 및 과정은 다음과 같다(DHI Water and Environment, 1995).

바람의 최대 반경(R_m), 최대 풍속(V_{max}), 태풍 속도, 선행속도(V_f)와 방향 등 요소들은 풍속장을 수치적으로 모의하는데 필요하고, 중심압력(P_c)과 중립압력(P_n)은 압력장의 계산에 이용된다. 바람장은 회전적인 요소와 병진운동의 요소로 구성되고, 태풍 중심으로부터 R 만큼 떨어진 거리에서의 회전속도 V_r 은 다음 식 (1)과 같이 계산된다.

$$R < R_m \text{ 일 경우} \\ V_r = V_{max} \cdot (R/R_m) \cdot \exp\{7(1-R/R_m)\} \quad (1a)$$

$$R > R_m \text{ 일 경우} \\ V_r = V_{max} \cdot \exp((0.0025 \cdot R_m + 0.05)(1-R/R_m)) \quad (1b)$$

여기서, R 과 R_m 의 단위는 km이다. 병진운동에 의한 풍속 V_t 는 다음 식 (2)와 같이 계산된다.

$$V_t = -0.5 \cdot V_f \cdot (-\cos(\phi)) \quad (2)$$

여기서, ϕ 는 방사지점과 최대 바람 라인 사이의 각이다. 따라서 총 풍속 V 는 식 (3)과 같다.

$$V = V_r + V_t \quad (3)$$

어느 한 위치에서 압력 P 는 다음의 식 (4)로 계산된다.

$$P = P_c + (P_n - P_c) \cdot \exp(-R_m/R) \quad (4)$$

Fig. 3(생략)은 최대해일고 발생시점의 기압장과 바람장의 공간분포도이다.

3. 범람모형 적용

본 연구의 대상지역인 목포시는 지형특성상 도시 기반이 낮게 조성되어 있어 이상기후에 따른 태풍발생 및 전지구적 평균 해수면 상승 등 기상학적 요소 뿐 아니라, 조석확폭과 조간대 효과 등의 고극조위 상승 요인으로 인해 이상고조 발생시 심각한 해일 피해와 함께 저지대의 범람피해가 우려되는 지역이다 (문승록 등, 2006).

Fig. 4는 315cm(DL. 558cm)의 해일고를 발생시킨 Case1_c 경로의 가상태풍 내습시 목포항 주변해역에서 발생하는 최대 해일고의 공간 분포를 도시한 결과이다. 315cm(DL. 558cm)의 해일고는 기존연구 (강주환 등, 2006)의 조위편차를 고려한 목포항 빈도별 고극조위 분석에서 100년 빈도로 추정된 DL. 557cm와 거의 일치하는 값이다. Fig. 5는 목포 조위 관측소 지점의 해일고의 시간적 변화를 도시한 것이다.

가상태풍 내습시 목포구 외부해역에서는 220~280cm 이하의 해일고가 발생되며 압해도 남단 부근에서 340cm 까지 해일고가 상승하고 있다. 목포구 내부에서는 300cm 이상의 해일고가 발생되며, 청계만에서는 360cm 이상의 높은 해일고가 발생하는 것으로 모의되었다.

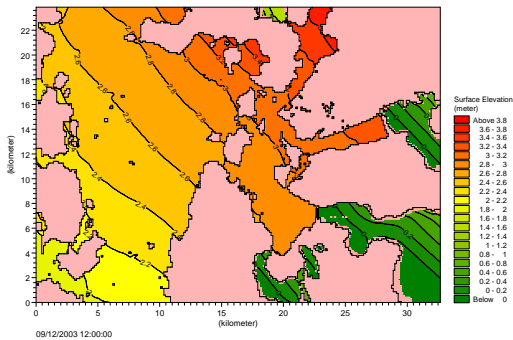


Fig. 4. 최대 해일고 분포

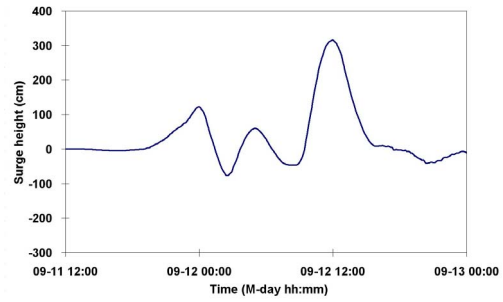


Fig. 5. 해일고의 시간적 변화

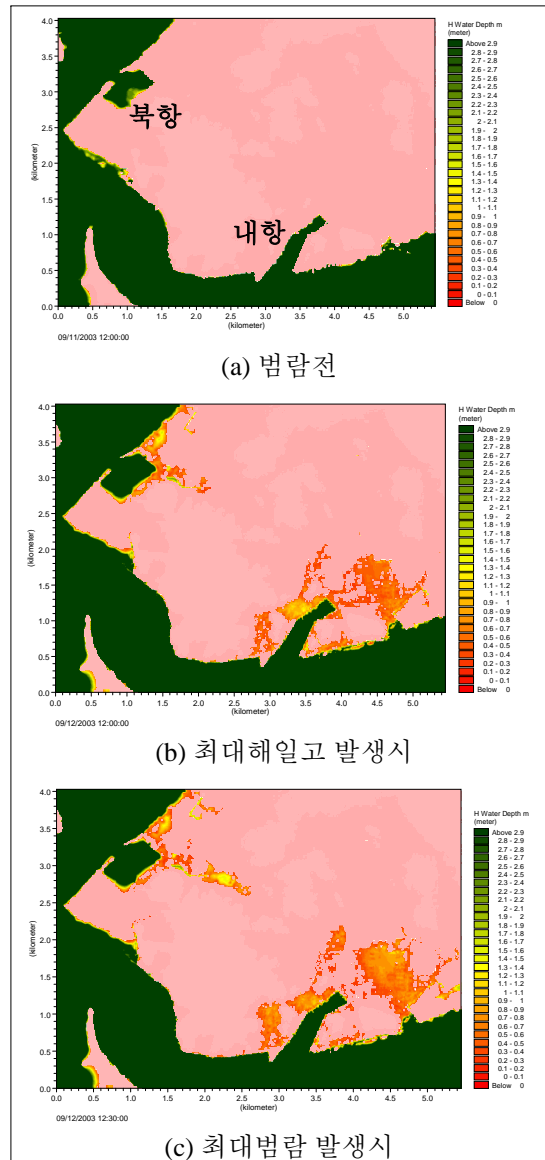


Fig. 6. 가상태풍 내습시 침수범위 및 침수고

Fig. 6은 범람발생시 침수범위와 침수고를 도시한

결과로 격자간격 14.8m의 정밀역인 Area-8의 결과를 도시한 것이다.

최대 해일고 발생시 해일범람(Fig. 6(b))으로 인한 침수는 목포시 내항과 북항을 중심으로 해상과 연한 대부분의 지역에서 발생되고 있다. 내항 인근의 범람으로 유입된 해수는 목포시 내부 저지대의 넓은 지역에 걸쳐 침수피해를 유발하게 되며, 이때 침수가 발생하는 대부분 지역에서 50~100cm의 침수고를 나타내며, 해안 저지대를 중심으로 일부 지역에서는 100cm 이상의 침수고를 나타내는 지역도 나타나고 있다. 북항 지역은 북항 배수펌프장 부근을 중심으로 침수가 발생되고 있으며, 침수가 발생하는 대부분 지역에서 100cm 이상 침수되는 것으로 나타났다.

최대 범람(Fig. 6(c))은 최대해일고 발생 후 30분 후에 발생되며 유입된 해수가 저지대나 하천을 따라 목포시 내부로 진행하면서 내부의 침수면적이 증가하고 있다. 최대해일고 발생 후 범람에 따른 해수유입량이 감소하고 유입된 해수가 목포시 내부로 이동하면서 100cm 이상의 침수고를 나타냈던 내항 일부 지역은 100cm 이하로 하강하였다. 북항 배수펌프장 인근의 침수면적은 큰 차이를 보이지 않으나 죽교천을 따라 상류의 범람면적이 크게 증가하는 것으로 나타났다.

4. 결론 및 발전방향

본 연구에서는 Nesting 격자망의 적용이 가능한 대표적 상용프로그램인 MIKE21 모형을 사용하여 태풍 MAEMI(0315)를 직선화한 Case1_c 경로의 가상태풍에 의한 목포해역의 해일범람모의를 수행하였다.

가상태풍 내습시 목포구 내부해역에서는 300cm 이상의 해일고가 발생되며, 청계만에서는 360cm 이상의 높은 해일고가 발생하는 것으로 모의되었다. 최대해일고 발생시 해일범람으로 인한 침수는 목포시 내항과 북항을 중심으로 해상과 연한 대부분의 지역에서 발생되며, 침수가 발생하는 대부분 지역에서 50~100cm의 침수고를 나타내었다. 최대 범람은 최대해일고 발생 후 30분 후에 발생되며 유입된 해수가 저지대나 하천을 따라 목포시 내부로 진행하면서 내부의 침수면적이 증가하였다.

향후 범람시 육상의 표고 및 지형의 반영요건, 범람모의시 적합한 격자간격 등의 추가검토 후 태풍 주요 인자별 가상 태풍 시나리오를 활용한 목포 연안의 해일범람모의를 수행하고자 한다. 또한 조차가 큰 서

해안의 조석특성을 감안해 조석과 해일의 비선형 효과를 고려한 조석-해일 복합모형 구축을 통해 조석 조건별 해일 및 범람특성을 고찰하고, 최대 해일고, 침수심, 시간별 침수범위 등을 정량적으로 산정하고자 한다. 모의를 통해 구축된 정보는 태풍 내습시 태풍의 특성에 따른 신속한 대응 판단을 가능하게 함으로써 적절한 연안방재계획 및 대책 수립에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부 지역특성화연구개발사업의 연구비지원(05지역특성B05-01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 강주환, 문승록, 박선중 (2006). 조석/해일 환경변화를 감안한 고극조위 빈도분석. 대한토목학회논문집, 제26권 제1B호, 99-106.
- 문승록, 강태순, 남수용, 황준 (2007). 폭풍해일에 의한 해안침수예상도 작성 시나리오 연구. 한국해안·해양공학회지, 제19권 제5호, 492-501.
- 문승록, 박선중, 강주환, 윤중태 (2006). MIKE21 모형을 이용한 목포해역 해일/범람모의. 한국해안·해양공학회지, 제18권 제4호, 348-359.
- 박선중, 강주환, 박민원, 문승록 (2008). 내습 태풍의 특성변화에 따른 해일양상 고찰. 국해안해양공학회 춘계학술대회 발표논문집.
- 천재영, 이광호, 김지민, 김도삼 (2008). 태풍 매미 (0314호)에 의한 마산만 주변연안역에서의 범람해석. 한국해양공학회지, 제22권 제3호, 8-17.