

## 폭풍해일에 의한 해안침수예상도 작성 시나리오 연구 A Study on Scenario to establish Coastal Inundation Prediction Map due to Storm Surge

문승록·강태순\*·남수용\*·황준

Seung-Rok Moon, Tae-Soon Kang\*, Soo-Yong Nam\* and Joon Hwang

**요지** : 기후변화에 따른 지구온난화, 해수면 상승 등의 영향으로 연안재해가 전세계적으로 쟁점화가 되고 있는 가운데 삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라 연안역은 고파랑이나 폭풍해일의 위험에 노출되어 있으며 특히, 하계에는 태풍의 내습경로에 위치하여 주기적인 피해를 입고 있다. 그러나 태풍의 진행경로와 내습강도는 매우 가변적이기 때문에 연안에서 발생하는 해일고와 범람정도를 신속하고 정확하게 예측하기가 쉽지 않다. 특히 태풍의 진로가 확정되는 단계에서 대상 연안으로 내습시까지의 소요시간이 수시간에 불과하여 수치모델링 수행을 통한 해일고 및 피해예측, 재해정보 전달체계가동은 현실적으로 무리가 있다. 이에 태풍내습시 연안역 피해를 사전에 신속하게 예측하기 위해 과거 태풍의 분석과 모의를 통해 수치모형의 재현성을 검증한 후, 태풍의 주요인자인 중심기압, 최대풍 반경, 진로, 진행속도 등에 대해 과거 개별 태풍 정보에 근거하여 가상 시나리오를 구성하였다. 구성된 다양한 가상 시나리오는 향후 기후변화에 따른 내습 가능성을 고려하여 폭풍해일의 주요 영향인자의 조건별로 가상 태풍 시나리오 결과 D/B를 구축하였다. 이 D/B에는 태풍의 주요인자별 가상 시나리오에 대한 해일고 및 침수범위 정보가 구축되며 향후 실제 태풍 내습시 가장 유사한 태풍정보에 해당하는 시나리오 결과를 추출하여 신속하게 침수예상지역과 범위를 제공하는 방안을 제시하였다. 본 연구에서는 폭풍해일에 의한 침수예측수치모형을 이용하여 마산지역의 가상 태풍 시나리오를 구성하고 적용하였으며, 기존 태풍시 관측해일고와의 검증을 통해 시나리오 접근 방법에 대해 검토하였다.

**핵심용어** : 폭풍해일, 시나리오 D/B, 침수예측수치모형, 마산, 해안침수예상도

**Abstract** : Coastal disasters have become one of the most important issues in every coastal country. In Korea, coastal disasters such as storm surge, sea level rise and extreme weather have placed many coastal regions in danger of being exposed or damaged during subsequent storms and gradual shoreline retreat. A storm surge is an onshore gush of water associated with a low pressure weather system, typically in typhoon season. However, it is very difficult to predict storm surge height and inundation due to the irregularity of the course and intensity of a typhoon. To provide a new scheme of typhoon damage prediction model, the scenario which changes the central pressure, the maximum wind radius, the track and the proceeding speed by corresponding previous typhoon database, was composed. The virtual typhoon scenario database was constructed with individual scenario simulation and evaluation, in which it extracted the result from the scenario database of information of the hereafter typhoon and information due to climate change. This virtual typhoon scenario database will apply damage prediction information about a typhoon. This study performed construction and analysis of the simulation system with the storm surge/coastal inundation model at Masan coastal areas, and applied method for predicting using the scenario of the storm surge.

**Keywords** : Storm Surge, Scenario D/B, Storm Surge/Coastal Inundation Model, Masan, Coastal Inundation Prediction Map

\*(주)지오시스템리서치(Corresponding author : Seung-Rok Moon, GeoSystem Research Corporation, #306 HanLim Human Tower, 1-40, GeumJeong-dong, GunPo, GyeongGi-do 435-824, Korea, moonsr@GeoSR.com)

\*\*해양수산부 연안계획과(Ministry of Maritime Affairs & Fisheries, Seoul, Korea)

## 1. 서 론

해수범람 등의 연안재해는 조선왕조실록을 통해 알 수 있듯이 과거에도 우리나라에서 흔히 발생하는 현상이었다(최병호, 2004; 행정자치부, 2002). 실록은 해마다의 해일 현상을 상세히 기록하고 있는데, 여름철에 나타난 사항은 태풍 발생에 따른 해일 범람, 겨울철의 기록은 북서 계절풍에 의한 범람을 의미하고 있다. 최근 연안피해는 지구온난화 등의 기상이변과 더불어 과거와 다른, 태풍 및 고파랑의 세력강화 및 내습빈도 증가로 나타나 우리나라는 지난 10년간(1996~2005) 약 13조원에 달하는 태풍피해를 입었으며(소방방재청, 2005), 2000년 이후에는 그 피해 규모가 기하급수적으로 증가하고 있는 실정이다.

2005년 발생한 허리케인 카트리나에 의하여 미국은 천문학적 피해를 입어 전세계에 연안재해에 대한 경종을 울리고 있다. 이에 미국은 침수범위, 침수심 등의 파악과 함께 연안재해를 저감하기 위한 침수예상도 작성, 예경보 시스템 구축 등에 대하여 노력을 기울이고 있는 실정이며, 연안에서의 피해가 잦은 일본은 재해지도 작성지침을 마련하고 중앙정부 및 지자체에서 침수예상도를 작성하여 일반인들에게 보급하는 단계에 있다. 이처럼 전세계적으로 연안재해가 빈번히 발생하고 있어 재해의 위험을 예측하고 재해 발생시 적절한 방재대책에 대한 연구(USACE, 1996; Reeve, 1998; Voortman, 2002; Hall et al., 2003)에 중점을 두고 있다. 우리나라에서도 1997년 백중사리기간 중 태풍 WINNIE(9713)의 영향으로 범람이 발생하여 해안재해의 체계적 조사 필요성이 대두되면서 서해안 해수범람 흔적조사와 종합대책 수립을 위한 분석이 이루어진 바 있다(행정자치부, 1998). 또한 태풍 MAEMI(0314)의 내습으로 마산일대의 막대한 피해로 폭풍해일과 관련된 사회적 관심이 고조되고 이에 대한 연구(강용균, 2004; 최병호 등 2004)가 활발히 진행되고 있다. 이러한 노력에도 불구하고 우리나라 해안에 위치한 도시들은 여전히 태풍에 의한 해일의 위험에 노출되어 있으나, 해일 발생시 피해범위 및 대상지역, 침수심을 예측하는 것은 매우 어려운 현실이다.

따라서 본 연구에서는 향후 발생하는 태풍에 의한 해일 및 범람을 예측하여 연안재해의 피해를 최소화하기 위해 과거 발생한 태풍으로부터 중심기압, 최대풍 반경, 진로 등을 변경한 가상 태풍 시나리오 D/B를 구축하여, 향후 태풍 내습시 해당 태풍정보와 가장 유사한 시나리오 D/B의 결과를 추출하여 피해 예측정보로 활용하는 방안을 제시하고자 한다. 이에 태풍 MAEMI(0314)의 내습으로 막대한 피해를

초래한 바 있는 마산지역을 대상으로 시나리오를 설정하여 적용하였다.

## 2. 폭풍해일 시나리오

### 2.1 폭풍해일 시나리오 설정의 필요성

과거 발생한 태풍을 이용한 가상태풍모의에 대한 연구는 태풍의 주요인자에 대한 정성적 평가에 주안점을 두고 있다. 폭풍해일예측을 통한 상황대처 방안 강구를 위해 행정자치부 국립방재연구소(2002)는 중심기압을 960 hPa로 선정하고 10 m 이상의 최대풍속이 발생하는 반경을 150 km로 가정하여 가상태풍에 의해 해일의 최고수위를 산정한 바 있다. 태풍의 진로는 대한해협 통과, 남해안 상륙, 군산지역 상륙 그리고 인천지역으로 상륙하는 4가지 경우로 설정하였다. 그러나 사용된 공간격자나 태풍 경로에 있어 다양성을 확보하지 못했으며, 태풍 모형의 운영도 중심기압과 태풍의 진행속도를 일정하게 하여 실제 발생하는 태풍과는 차이가 있었다. Mcinnes et al.(2003)은 호주의 북동해안에서 태풍이 정남방향으로 진행하는 것을 0°로 하여 진행방향이 335°, 35°, 75°, 105°인 경우에 대한 모의를 수행하였다. 이때 태풍의 중심기압은 945 hPa, 진행속도 25 km/h로 하였다. 또한 허동수 등(2006a, 2006b)은 태풍 MAEMI(0314), SARAH(5914), THELMA(8705)의 상륙시 이동경로에 이들 각각의 태풍특성(중심기압, 태풍의 이동속도 및 태풍반경)을 조합시킨 모의 조건으로 부산 및 경남연안에 대하여 가상 태풍에 의한 폭풍해일고를 산정하고 지역별 분포특성을 검토한 바 있다. 그러나 태풍에 따른 피해를 저감시키기 위한 방재대책에 활용하기 위해서는 기존연구에 비해 수많은 태풍 경우에 대한 고찰이 필요할 것으로 사료되어, 본 연구에서는 기존 태풍의 주요인자를 변경한 가상 태풍 시나리오를 적용하였다.

태풍은 이동경로, 이동속도, 최대풍 반경, 중심기압 등이 매우 불규칙적으로 발생하고 있어 과거의 태풍과 동일한 태풍이 발생할 가능성은 매우 희박하다. 또한 우리나라의 경우 매년 평균 3.7개의 태풍이 영향을 직접 주고 있음을 감안하면 관측자료가 있는 1950년대 이후의 태풍으로부터 산술적으로 200여개에 불과하다. 이처럼 충분치 못한 과거 태풍정보로부터 향후 발생하는 태풍의 해일 및 그에 따른 침수범위 등을 예측하는 것은 매우 어려운 상황이다. 특히 태풍의 진행속도는 연안으로 접근할수록 빨라져 대상 태풍을 수치적으로 해석하는데 수행시간이 많이 필요함을 감안하면 접근하고 있는 태풍에 대한 수치모의로부터 피해예상 정

보를 파악하는 것은 적절한 대안으로는 불충분하다. 따라서 후술되는 태풍에 대한 시나리오의 다양한 설정을 통해 향후 발생하는 태풍의 보다 엄밀한 피해정보를 예측하고자 한다.

2.2 폭풍해일 시나리오 D/B 구축

서해안과 같이 조차가 큰 지역에서 낮은 조위면에서 해일이 발생하면 그 영향이 미미하지만 동일한 해일고가 높은 조위면에서 발생하게 된다면 그 피해는 막대할 것이다. 이를 감안하여 우리나라에 영향을 미친 과거 태풍에 의한 해일고의 파악은 향후 예측을 위한 검증자료가 되므로 정확한 해일고 산정이 선행되어야 한다. 더불어 태풍에 의해 발생하는 해일 및 범람피해 범위는 태풍의 진행경로, 중심기압, 대상지역으로부터 거리, 풍속, 영향반경 등의 여러 요인이 복합적으로 작용한 결과로 발생하게 되므로 태풍 정보의 분석도 병행되어야 한다.

폭풍해일 시나리오를 적용할 대상지역의 해상 및 해저의 지형적 특성을 반영하고 과거 발생한 태풍 정보 및 해일고 분석자료를 검증자료로 활용하여 수치모델을 구축한다. 검증된 과거 태풍은 시나리오 대상 태풍으로 선정한 후 중심기압과 최대풍 반경은 과거 태풍 정보로부터 일정비율로 증가 또는 감소시키고, 이동경로는 좌우측으로 일정간격으로 이동시켜 태풍이 우리나라에 영향을 줄 수 있는 범위까지 확장하여 가상태풍 시나리오를 구성한다. 예를 들면 과거 마산지역에 영향을 미친 5개 태풍을 시나리오 대상태풍으로 선정하고 중심기압, 최대풍 반경, 이동경로를 각각 7 case를 적용하면 마산지역에 1715(태풍 5개×중심기압 7 case×최대풍 반경 7 case×이동경로 7 case)개의 시나리오가 구성되는 것이다. 구성된 시나리오는 과거 태풍으로 검증된

모형을 활용하여 각 시나리오별 해일고 및 피해범위 등을 모의할 수 있다. 구성된 각 시나리오별 모의 결과는 태풍의 중심기압, 최대풍 반경, 이동경로 등의 조건별로 D/B화 하며, 향후 태풍 내습시 해당하는 정보를 갖는 시나리오 D/B의 결과를 보간하여 제시함으로써 그에 따른 예상피해 정보로 활용할 수 있다. Fig. 1은 과거 발생한 태풍으로부터 가상시나리오를 설정하고 시나리오 D/B의 구축을 통해 해일 예측정보를 파악할 수 있는 개념도를 나타낸 것으로 향후 발생되는 태풍의 정보는 다시 과거발생 정보로 취할 수 있어 지속적인 자료의 보완과 추가 시나리오 구성을 통해 해일 예측정보를 개선할 수 있다.

3. 폭풍해일 모의

3.1 침수에측수치모형

우리나라의 경우 폭풍해일을 예측하기 위해서는 동해 및 서해전역을 포함하는 광역 수치모형을 반드시 수행하여야 하며, 서남해안과 같이 지형이 복잡하고 소규모 만들이 발달되어 있는 지형에서는 고해상도의 상세역의 해일예측이 동시에 수행되어야 한다. 뿐만 아니라 조석에 의한 해수면 상승, 지진 및 폭풍에 의한 해일고 그리고 파랑에 의한 해수면 상승효과까지 동시에 고려할 수 있는 수치모형이어야 만이 침수 및 범람의 예측 정확도를 높일 수 있다. 본 연구에서는 이러한 조건들을 만족하는 수치모형(柴木秀之, 2004)을 이용하여 과거 태풍 및 가상 태풍 시나리오에 대한 침수예측실험을 실시하였다. 본 연구에 이용된 기초방정식은 다음의 연속방정식 (1)과 운동방정식 (2)-(4)로 구성된다.

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{du}{dt} = +fv - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial x} + A_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \tag{2}$$

$$\frac{dv}{dt} = -fu - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial y} + A_h \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \tag{3}$$

$$\frac{dw}{dt} = -g - \frac{1}{\rho_w} \frac{\partial p}{\partial z} \tag{4}$$

여기서, x, y는 수평방향으로, z는 연직방향으로 설정한 좌표계이고, u, v, w는 각각 x, y, z방향의 유속성분이다. 그리고 f는 Coriolis계수, ρ<sub>w</sub>는 해수의 밀도, p는 수압, A<sub>h</sub>와 A<sub>v</sub>는 수평 및 연직 와동점성계수, g는 중력가속도이다.

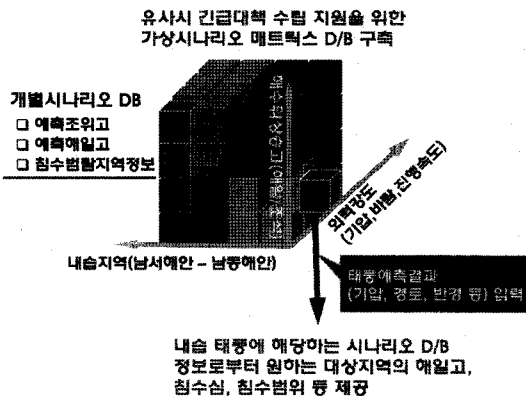


Fig. 1. Construction of scenarios D/B.

본 모형은 폭풍해일 및 지진해일에 적용할 수 있는 다층 모델이며, 광역격자로부터 여러 단계의 상세격자로 nesting이 가능하여 효율적으로 계산시간을 단축할 수 있고 상세역에서 해일고 및 범람을 정도 높게 모의할 수 있다. 또한 조건대 처리기법(岩崎敏夫, 野明, 1979)이 포함되어 비선형장파의 육상 침투에 의한 범람을 재현할 수 있고, 구조물의 천단고를 넘는 경우에는 Homma공식(水理公式集, 1985)을 통해 월류량을 산정할 수 있다. 뿐만 아니라 파랑 모듈과 조석모듈이 구축되어 있어 해일모의시 파랑과 조석의 영향을 동시에 고려할 수 있다(柴木秀之, 2004). 본 모형은 이러한 장점으로 현재 일본 정부 및 지자체의 해일에 의한 침수 및 범람 등을 동시에 고려해야 하는 연안재해위험도 작성 시뮬레이션 모델로 운영되고 있다.

3.2 모형의 구축 및 검증

태풍 MAEMI(0314)에 의해 높은 해일고와 범람피해가 발생한 마산지역에 모델을 적용하기 위해 대상지역의 상세 지형자료와 당시의 기상, 조석 및 파랑자료 등을 수집, 분석하여 입력자료로 활용하였다. 계산영역은 8단계에 걸쳐 최대 격자간격은 Table 1과 같이 31,600 m에서 최소 50 m로 nesting하여 구축하였다. 광역 격자망인 Area-1은 태풍의 발생 및 진행경로의 재현을 충분히 반영하기 위해 우리나라,

Table 1. Grid specification.

Computational area	Grid spacing(m), $\Delta x = \Delta y$	Grid number (nx×ny)
Area-1	31,600	75 × 100
Area-2	15,800	104 × 104
Area-3	5,400	139 × 130
Area-4	1,800	199 × 82
Area-5	600	108 × 93
Area-6	200	88 × 108
Area-7	100	100 × 90
Area-8	50	134 × 134

일본, 대만 등이 포함된 위도 15°~55°, 경도 110°~160°를 대상영역으로 설정하였으며, Area-3은 제주도 및 우리나라 해안을 충분히 포함하여 향후 여러 대상해역에 대한 모의에 활용토록 구성하였다.

Fig. 2는 마산지역에 적용한 8단계의 계산영역을 나타낸 것으로 Area-6의 200 m 격자망은 마산과 부산을 포함하고 있다. Fig. 3(a), (b)와 같이 200 m 격자에 대한 모의결과와 태풍 MAEMI(0314)시 마산 및 부산 검조소의 1분 간격의 조위 관측자료를 이용한 해일고를 비교하였다. 대상지역 해일고를 재현한 Area-6에 격자간격 100 m인 Area-7과 50 m인 Area-8를 추가로 구성하여 해일발생에 따른 범람도 모의하였다. Fig. 3(c)의 50 m 격자에 의한 결과가 200 m 격

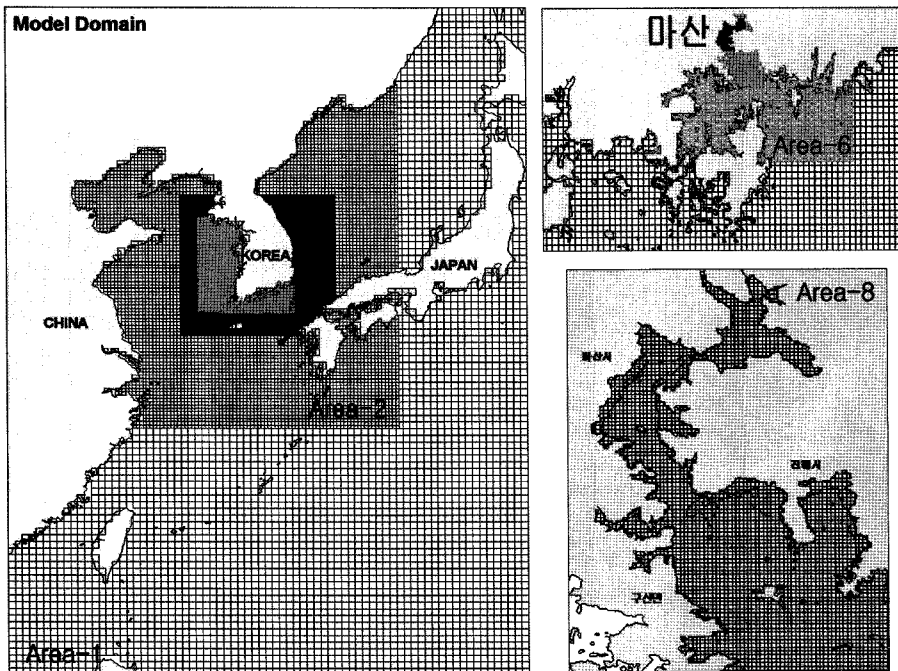


Fig. 2. Area of storm surge simulation.

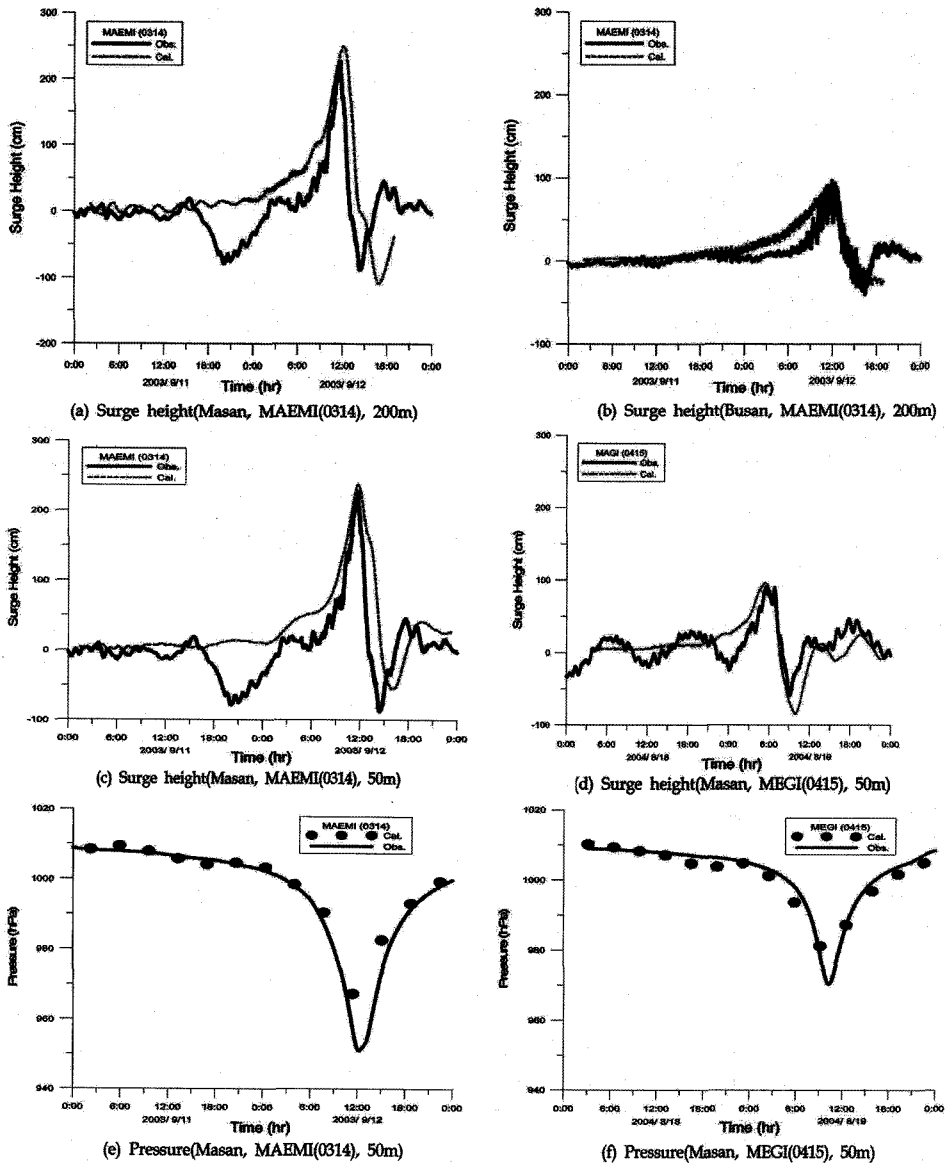


Fig. 3. Time series of the observed and computed surge/pressure.

자의 결과(Fig. 3(a))에 비해 해일 발생전의 편차분포는 크게 개선되지 않았지만 해일 발생시 위상 및 해일 전파시 진동 등은 개선되었다.

태풍 MAEMI(0314)에 의한 해일고 비교와 함께 해일 발생에 따른 범람을 Fig. 4와 같이 Area-6(200 m)과 Area-8(50 m)에서 모의하였다. 범람범위가 Fig. 4(b)의 Area-8에서 작게 나타나고 있는데 이는 상세한 지형정보로 인하여 범람된 해수가 지형이나 구조물 등에 의해 차폐된 결과이며, 실제로 태풍 MAEMI(0314)시 해일 피해 역시 돌섬 좌

측의 월영동에 큰 피해를 줬으며 그 외 지역의 피해범위는 해안도로까지 침수한 것과 유사한 결과를 보이고 있어, Fig. 4(a) Area-6의 범람 결과는 과대평가된 것으로 판단된다. Fig. 3과 Fig. 4의 격자크기에 따른 결과 비교를 통해 해일 및 범람모의시 세밀한 격자의 구성과 상세지형정보의 반영이 실제 현상의 재현을 위해 반드시 필요함을 재확인할 수 있었다. 또한 본 연구를 통해 향후 해일 및 범람모의시 격자구성을 50 m 이하로 구축되어야 바람직 할 것으로 사료된다.

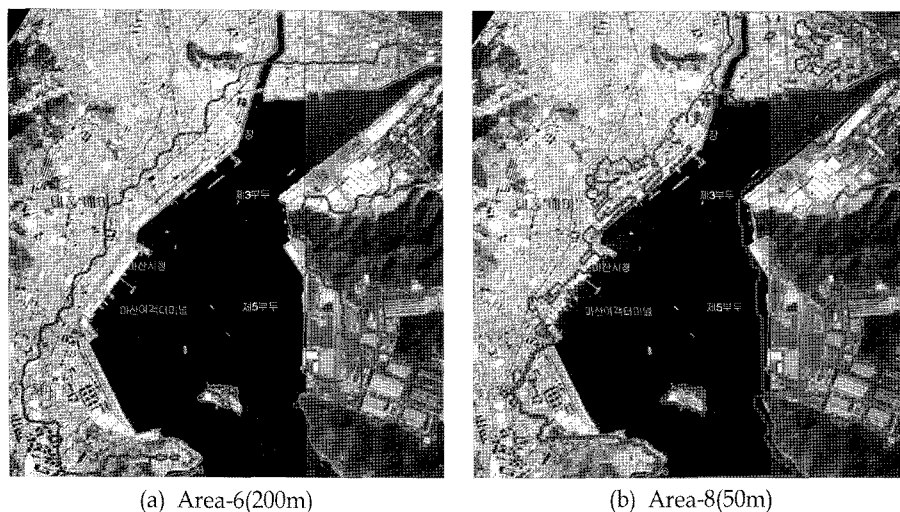


Fig. 4. Inundation zone induced by the typhoon 'MAEMI(0314)' at Masan.

#### 4. 시나리오 설정 및 적용

마산지역의 태풍 시나리오 적용을 위해 최근 마산에 영향을 미친 태풍을 파악하고 그에 따른 해일고를 1분 관측 자료를 활용하여 산정하였다. Table 2와 같이 매년 태풍 영향으로 높은 해일고가 발생하고 있으며, 2003년 태풍 MAEMI(0314)와 2004년 태풍 MAGI(0415)에 의해 각각 238 cm, 91 cm의 높은 해일고 발생한 바 있다. 따라서 본 연구에서는 높은 해일고를 발생시킨 태풍 MAEMI(0314), MEGI(0415)를 시나리오 대상 태풍으로 선정하여 시나리오를 구축하였으며, 각각의 태풍 진로는 Fig. 5와 같다.

태풍 정보는 세계기상기구 규정에 따라 일본 도쿄에 위치한 RSMC(Regional Specialized Meteorological Center) 및 우리나라 기상청에서 제공하는 태풍의 자료를 이용하였다. 태풍 MAEMI(0314)와 MEGI(0415)의 모의결과에 따른 마산지

역 최대해일고는 249 cm와 96 cm로 실제 관측 해일고 238 cm, 91 cm보다 5% 정도 크게 나타나고 있는데, 이는 태

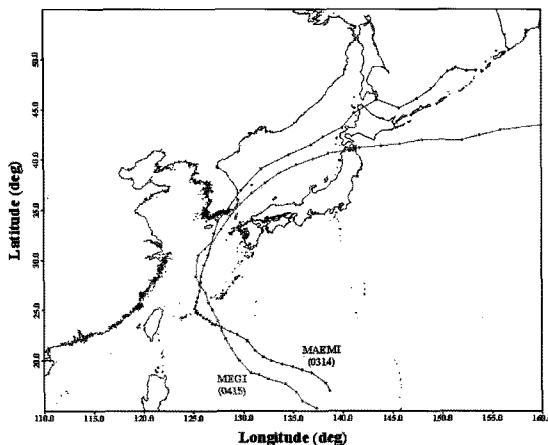


Fig. 5. Target typhoons Track.

Table 2. Typhoon conditions(2003~2006년).

No.	Typhoon	period	longitude(°)	central pressure(hPa)	max. wind speed(kt)	surge(cm)
0306	SOUDELOR	2003. 6.12 ~ 6.24	130.7	980	55	25
0314	MAEMI	2003. 9. 4 ~ 9.16	128.5	960	62	238
0410	NAMTHEUN	2004. 7.24 ~ 8. 3	131.1	996	35	21
0415	MEGI	2004. 8.14 ~ 8.22	129.4	970	65	91
0416	CHABA	2004. 8.18 ~ 9. 5	133.2	965	60	50
0418	SONGDA	2004. 8.26 ~ 9.10	132.0	949	75	46
0514	NABI	2005. 8.29 ~ 9. 9	131.6	974	65	47
0610	WUKONG	2006. 8.13 ~ 8.20	130.1	994	35	35
0613	SHANSHAN	2006. 9.10 ~ 9.19	130.8	967	67	23

\*마산검조소(35°11'49"N) 통과시 기준

Table 3. Scenarios of target typhoons.

target typhoon	longitude (°)	central pressure (hPa)	maximum wind	radius (km)	number of scenario
MAEMI (0314)	-6	950	26	76	140개 (7×5×4)
	-4				
	-2				
	0				
	+2				
	+3				
MAGI (0415)	-6	950	50	100	120개 (6×5×4)
	-4				
	-2				
	0				
	+2				
	+4				

\*경도변경은 RSMC Tokyo Typhoon Center의 best track data의 경도에 가감

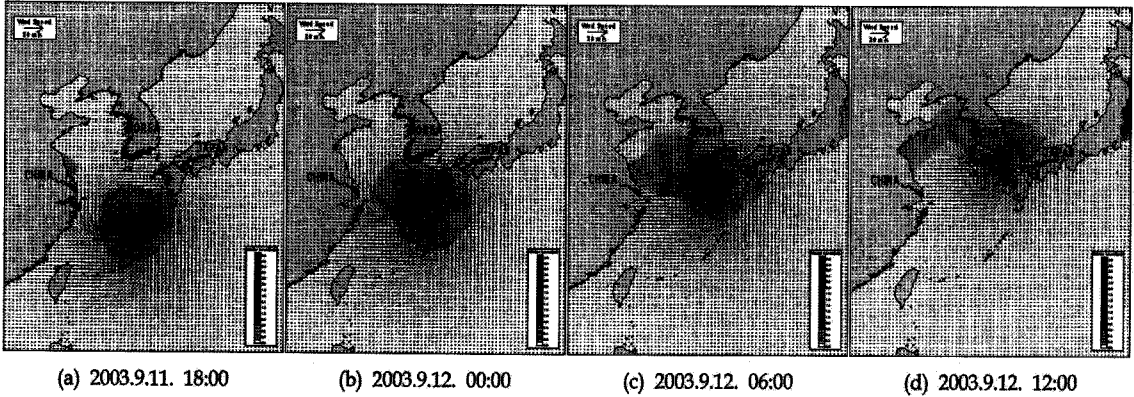


Fig. 6. Wind field and Surge elevation of the typhoon 'MAEMI (0314)'.

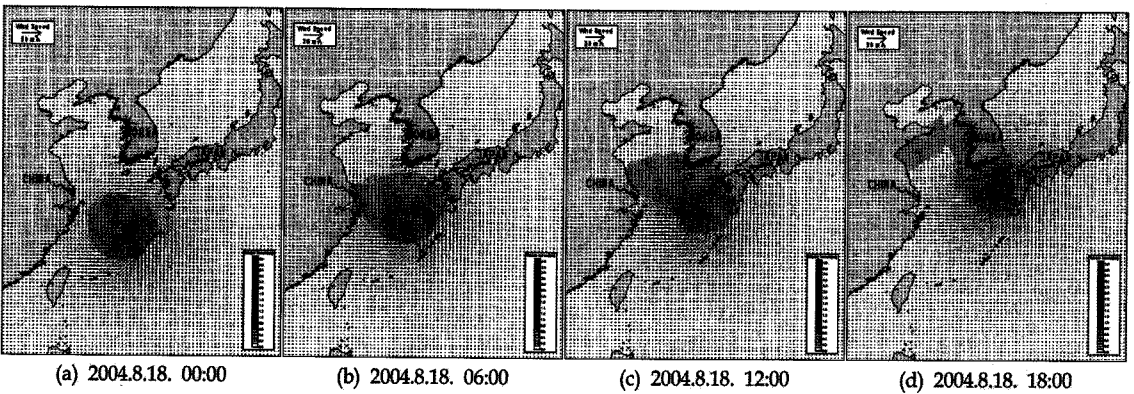


Fig. 7. Wind field and surge elevation of the typhoon 'MEGI (0415)'.

풍에 의한 최악의 피해를 대비하기 위한 보수적 관점으로 폭풍해일 시나리오를 구축함으로써 피해를 최소화하기 위함이다.

가상태풍 시나리오는 시나리오 대상태풍의 중심기압, 최대풍반경, 이동경로를 변화시키고, 진행속도는 대상태풍의 진행속도와 동일하게 구성하였다. 태풍 MAEMI(0314)를 통

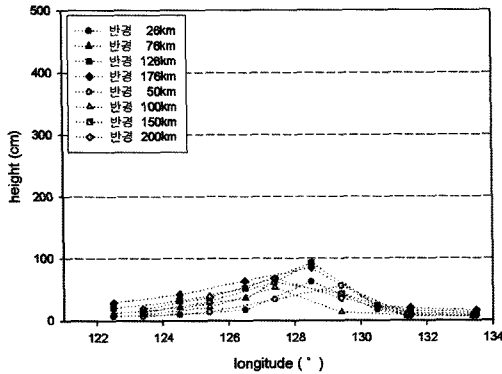
한 시나리오는 Table 3과 같이 태풍의 중심기압을 -30~+10 hpa 까지 10 hpa 단위로, 최대풍반경은 -50~+100 km 까지 50 km 단위로 변화시켰다. 이동경로는 실제 경로에 -6~+4° 까지 변화하여 140 case(중심기압 5 case×최대풍반경 4 case×이동경로 7 case)로 설정했으며, 태풍 MEGI(0415)도 동

일한 방법을 적용하여 120 case로 설정하였다.

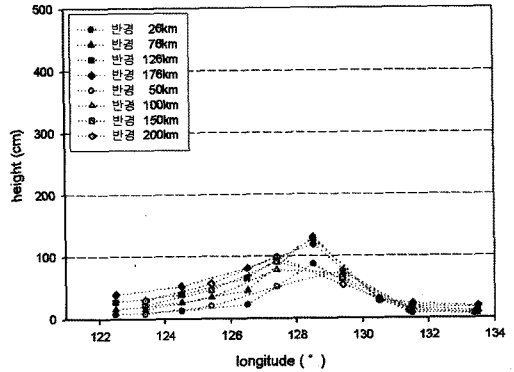
시나리오 구성은 과거 우리나라에 영향을 미친 태풍을 고려하여 이동경로는 마산지역이 태풍의 반경에 포함되는 황해의 중국해안까지 이동시켰고, 과거의 태풍 SARAH(5914), DINAH (8712), MIREILLE(9119) 등이 우리나라 내습시 중심기압이 950 hPa 이하였음을 감안하여 63 hPa의 기압심도까지 고려하였다. Fig. 6과 Fig. 7은 태풍 MAEMI(0314)

와 MEGI(0415)의 검증에 위한 입력자료로 계산된 바람장 파 모의결과에 의한 해일고 공간분포 중 마산에 영향을 미치는 UTC 기준에 의한 24 h 동안의 변화를 나타내고 있다.

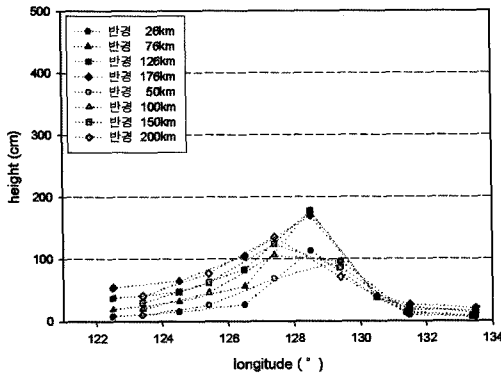
마산만의 시나리오 대상 태풍에 대한 시나리오별 계산된 태풍의 중심기압, 최대풍반경, 이동경로에 따른 해일고의 값은 Fig. 8과 같다. 결과에서 보는 바와 같이 태풍 MAEMI(0314)는 마산만을 따라 진행하는 경우의 진로에서 큰 해일고가



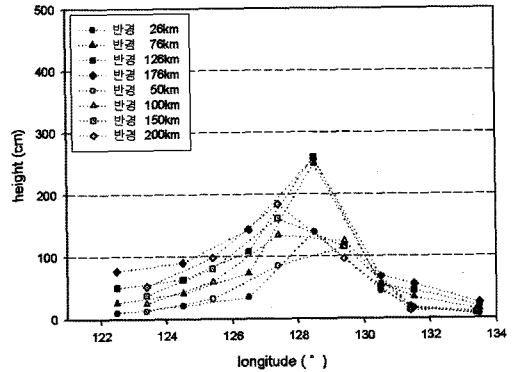
(a) 기압심도 23hPa



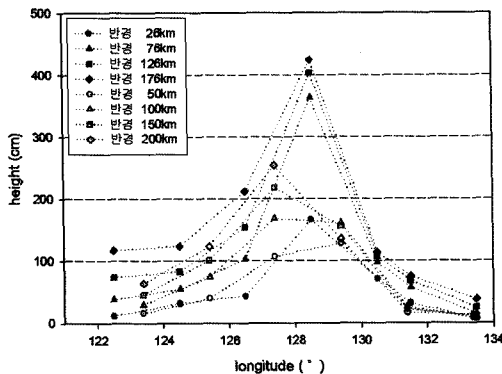
(b) 기압심도 33hPa



(c) 기압심도 43hPa



(d) 기압심도 53hPa



(e) 기압심도 63hPa

Fig. 8. Surge elevation of scenaios typhoon.



발생하고 기압심도(대기압과 태풍 중심기압과의 기압차)의 증가에 따라 해일고가 더욱 증가하는 양상을 보이고 있다. 태풍 MEGI(0415)의 시나리오 결과는 진로가 마산의 좌측으로 북상하는 경우 마산이 태풍의 위험반경에 포함되어 실제 발생된 해일고에 비해 크게 증가하는 것으로 나타난다.

마산지역에 태풍 MAEMI(0314)와 MEGI(0415)를 대상으로 시나리오를 구축하여 총 260개 시나리오 D/B를 구축하였다. 구축된 시나리오 D/B에서 Table 2에 제시한 마산지역에 영향을 미친 과거 태풍의 정보에 해당하는 시나리오 결과와 관측된 해일고를 비교하여 Table 4에 제시하였다.

시나리오 대상 태풍(MAEMI(0314), MEGI(0514))을 제외한 7개의 태풍에 대한 시나리오 D/B로부터 추출된 해일고는 관측 해일고보다 동일하거나 다소 크게 나타나고 있다. 이는 시나리오 대상 태풍의 보수적 관점의 검증을 통한 결과로 사료되며, 본 연구의 시나리오 D/B는 불과 260개 시나리오 모의를 통해 얻은 결과로써 향후 시나리오 대상 태풍의 추가 및 태풍 주요인자별 시나리오 추가 구성을 통해 폭풍해일 시나리오 D/B를 보완한다면 해일고 예측의 정확

Table 4. Comparison of computed and observed surges.

No.	typhoon	observed surge(cm)	computed surge(cm)
0306	SOUDELOR	25	32
0410	NAMTHEUN	21	21
0416	CHABA	50	73
0418	SONGDA	46	50
0514	NABI	47	47
0610	WUKONG	35	37
0613	SHANSHAN	23	25

도를 향상 시킬 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 9는 해안침수예상도의 예로써, 마산지역의 태풍 MAEMI(0314) 내습에 따른 침수심을 50 cm 간격으로 색을 달리하여 침수범위를 나타낸 것이다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 과거 발생한 태풍으로부터 시나리오 대상 태풍으로 선정하고 시나리오별 모의를 통해 가상 태풍 시

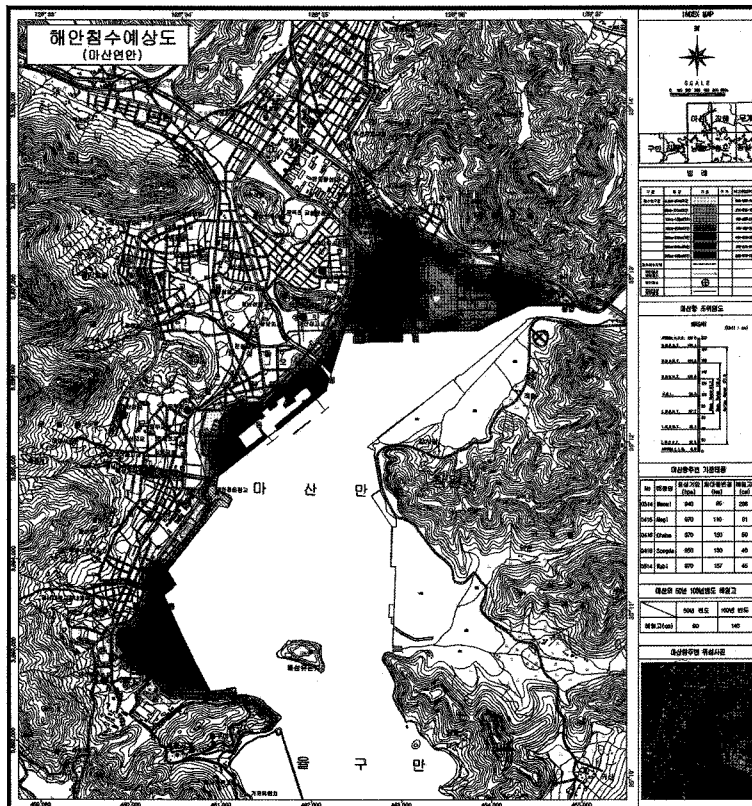


Fig. 9. Coastal inundation prediction map(Masan).

나리오 D/B를 구축하여, 향후 태풍 내습시 해당정보와 가장 유사한 시나리오 D/B 결과를 추출하여 피해 예측정보로 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

본 연구에서는 태풍 MAEMI(0314), MEGI(0415)를 시나리오 대상 태풍으로 선정하여 마산만에 시범적으로 적용하여 우선 태풍 매미시 마산만 일대의 범람을 재현하였고, 총 260 case의 시나리오 적용을 통해 최대 발생해일고를 제시하였다. 마산지역에 영향을 미친 과거 태풍에 의한 해일고와 시나리오 D/B로 추출된 해일고와의 비교를 통해 시나리오 D/B의 활용가능성을 확인할 수 있었다. 또한 시나리오별 모의 결과를 통해 태풍의 중심기압, 최대풍 반경 및 이동경로가 실제보다 조금 다른 조건으로 진행된다면 수 m의 해일고가 발생할 가능성을 제시하고 있다. 이는 가장 태풍에 의한 것이지만 과거 우리나라에 영향을 미친 태풍의 중심기압이 모의에 활용된 것보다 낮은 태풍이 있었으며 그 진행진로가 다양했음을 감안하면 무시할 수 없는 결과이다. 태풍발생시 신속하게 해일고 및 해일에 의한 해안침수예상도를 제공하는 것은 인명 및 재산피해와 상당한 연관성이 있다. 실제 태풍진행시 각종 정보 예측의 어려움을 감안하여 다양한 시나리오에 대한 사전 모의를 통하여 태풍정보별 해일고 및 해일고 공간분포를 데이터화하여 실제 태풍의 발생시 유사한 태풍의 해일고를 제공함으로써 태풍 피해의 경각심을 고취하고 유사시 신속한 대응을 용이하도록 하는 방안으로 사료된다.

앞서 기술된 바와 같이 마산지역에 불과 260개의 시나리오 구축을 통한 것으로대상지역의 지형적 특성에 따른 태풍의 영향 파악, 태풍의 진행속도 및 영향시기별 해일고 변화 양상 등의 추가적인 연구와 함께 중심기압, 최대풍 반경 및 이동경로에 대한 추가 시나리오를 구축을 통해 예측해일고의 신뢰성 확보를 위한 노력이 필요하다.

### 참고문헌

강용균 (2004). 태풍 '매미' 통과시의 해일공명. 한반도 해역의 고파, 폭풍해일, 한국해양해양공학회 특별 Workshop. pp. 57-62.  
 소방방재청 (2005). 재해연보.  
 최병호 (2004). 우리나라 서해안의 최고극 조위, 한반도 해

역의 고파, 폭풍해일, 한국해양해양공학회 특별 Workshop. pp. 145-154.  
 최병호, 엄현민, 김현승, 정원우, 심재설 (2004). Wave-tide-surge coupled simulation for typhoon Maemi. 한반도 해역의 고파, 폭풍해일, 한국해양해양공학회 특별 Workshop. pp. 121-144.  
 허동수, 염경선, 김지민, 김도삼, 배기성 (2006a). 부산연안에서 폭풍해일고의 추정, 한국해양학회지, 제20권, 제3호, pp 37-44.  
 허동수, 염경선, 김지민, 김도삼, 배기성 (2006b). 경남연안의 지역특성에 따른 폭풍해일고의 변동, 한국해양학회지, 제20권, 제3호, pp 45-53.  
 행정자치부 (1998). 서해안 해수범람 흔적조사 및 종합대책 수립 보고서.  
 행정자치부 국립방재연구소 (2002). 폭풍해일예측을 통한 상황대처 방안 연구, pp 219.  
 Hall, J.W., Dawson, R.J., Sayers, P.B., Rosu, C., Chatterton, J.B. and Deakin, R. (2003). A methodology for national-scale flood risk assessment. Water and Maritime Engineering, 156(3), pp. 235-247.  
 McInnes, K.L., Walsh, K.J.E., Hubbert, G.D. and Beer, T. (2003). Impact of Sea-level Rise and Storm Surges on a Coastal Community, Natural Hazards 30, pp. 187-207.  
 Reeve, D.E. (1998). Coastal flood risk assessment. Journal of Waterway Port, Coastal and Ocean Engineering, 124(5), pp. 219-228.  
 USACE (1996). Risk-based Analysis for Flood Damage Reduction Studies, Report EM1110-2-1619. United States Army Corps of Engineers, Washington.  
 Voortman, H.G. (2002). Risk-based design of large-scale flood defence systems, PhD Thesis, Delft University.  
 柴木秀之 (2004). 波浪・高潮・津波の数値計算と沿岸防災支援システムへの応用に関する研究.  
 岩崎敏夫, 真野 明 (1979). オイラ座標による二次元津波遡上の数値計算. 第26回海岸工学学講演会論文集 pp. 70-74.  
 水理公式集 (1985). 土木学会編 昭和 60年版 pp. 287-288.

Received August 3, 2007

Accepted October 10, 2007